



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Александар И. Јовичић

**УНАПРЕЂЕЊЕ КЉУЧНИХ  
ИНДИКАТОРА ПЕРФОРМАНСИ  
ПОСЛОВАЊА У ИНДУСТРИЈИ  
ЛИВАРСТВА**

докторска дисертација

Крагујевац, 2015. године

# ИДЕНТИФИКАЦИОНА СТРАНИЦА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

## *I. Аутор*

Име и презиме: Александар Јовичић

Датум и место рођења: 27. јул 1977. године, Чачак

Садашње запослење: Консултант система менаџмента

## *II. Докторска дисертација*

Наслов: УНАПРЕЂЕЊЕ КЉУЧНИХ ИНДИКАТОРА ПЕРФОРМАНСИ ПОСЛОВАЊА У ИНДУСТРИЈИ ЛИВАРСТВА

Број страница: 199

Број слика: 83

Број библиографских података: 130

Установа и место где је рад израђен: Факултет инжењерских наука, Крагујевац

Научна област: (УДК): 658.4

Ментор: проф. др Славко Арсовски, дипл. инж. маш.

## *III. Оцена и одбрана*

Датум пријаве теме: 11. јун 2013. године

Број одлуке и датум прихватања докторске дисертације: 01-1/3298-2 од 20.11.2013. године

Комисија за оцену подобности теме и кандидата:

1. Др Славко Арсовски, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг
2. Др Миладин Стефановић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг
3. Др Радомир Славковић, редовни професор, Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу, научна област: Производне технологије
4. Др Јован Филиповић, редовни професор, Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, научна област: Управљање квалитетом
5. Др Драган Адамовић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг

Комисија за оцену докторске дисертације:

1. Др Славко Арсовски, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг
2. Др Миладин Стефановић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг
3. Др Радомир Славковић, редовни професор, Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу, научна област: Производне технологије
4. Др Јован Филиповић, редовни професор, Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, научна област: Управљање квалитетом
5. Др Драган Адамовић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг

Комисија за одбрану докторске дисертације:

1. Др Славко Арсовски, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг
2. Др Миладин Стефановић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг,
3. Др Радомир Славковић, редовни професор, Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу, научна област: Производне технологије
4. Др Јован Филиповић, редовни професор, Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, научна област: Управљање квалитетом
5. Др Драган Адамовић, редовни професор, Факултет инжењерских наука Универзитет у Крагујевцу, научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг

Датум одбране дисертације:

*Мојим родитељима*

# ПРЕДГОВОР

*Овај рад настао је после вишегодишњег истраживања на Машинском факултету, сада Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, на катедри за производно машинство, у оквиру научне области индустријски инжењеринг под менторством проф. др Славка Арсовског дипл.инж.маш.*

*Део рада је настао као резултат истраживања на пројектима Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије I.50996 и TP.35037 као и дела пројекта број 30167 међународне финансијске корпорације (IFC), чланице групаације Светске банке за помоћ Концерну „Фармаком МБ“ Шабац.*

*Овом приликом захваљујем се сарадницима из Индустријског комбината „Гуча“ а.д. Гуча и Рударско топионичарског басена Бор на помоћи око реализације дела експерименталних мерења у раду.*

*Посебно се захваљујем проф. др Славку Арсовском, ментору овог рада за разумевање, савете и сугестије пружене у току докторских студија и при изради докторске дисертације.*

*Захвалност дугујем проф. др Миладину Стефановићу, на свестраној и несебичној помоћи, саветима, примедбама и подрици током израде ове дисертације. Неизмерну захвалност дугујем проф. др Радомиру Славковићу, на помоћи и стрпљењу у изради дела дисертације који се односи на унапређење технолошког процеса. Његова стручност, знање, искуство, сугестије и подршка значајно су допринели квалитету садржаја дисертације.*

*Захваљујем се проф. др Јовану Филиповићу на посвећеном времену, помоћи и проширењу видика из области управљања квалитетом, неизмерној подрици и саветима током израде ове докторске дисертације. Видан допринос, кроз сугестије и указивање на битне елементе корисне за израду дисертације, дао је проф. др Драган Адамовић, којем сам такође захвалан.*

*Гуча, новембар, 2015.године*

*Александар И. Јовичић*

# РЕЗИМЕ

## Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства

Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства ради достизања глобалних стандарда процесне и ресурсне ефикасности од општег је интереса за српске ливнице с обзиром на доказану полазну хипотезу ове дисертације да су кључни индикатори перформанси пословања српских ливница на нижем нивоу у односу на руске и европске ливнице. Допринос ове дисертације се може посматрати из научне перспективе и перспективе пословне праксе у индустрији ливарства. У научном смислу, допринос дисертације се може представити на следећи начин:

- извршено је снимање стања у индустрији ливарства у Србији и извршено је упоређивање (бенчмаркинг) перформанси српских ливница с перформансама европских, руских и светских ливница;
- дефинисан је *BSC* модел за ливнице;
- на бази модела реализовано је и примењено у реалном окружењу софтверско решење применом модификованог софтвера *BSC DESIGNER* и на бази њега приказан степен остварења пословних циљева у српским ливницама;
- потврђено је да су кључни индикатори перформанси пословања у српским ливницама су на нижем нивоу у односу на европске и руске ливнице;
- потврђено је да се метод вектора подршке *SVM* може успешно користити при унапређењу технолошких процеса у ливницама;
- потврђено је да се оптимизација процеса ливења може остварити регресионом анализом примењеном на одливке отпорне на хабање;
- потврђено је да се применом *BSC* метода исказује ефективност пословних процеса у ливницама, а на бази тога ниво организационог учења.

Практични допринос дисертацији се односе на:

- израду софтверског решења применом модификованог софтвера *BSC DESIGNER* и његову примену у српским ливницама;
- унапређење технолошког процеса у ливници Гуча применом *SVM* метода на примеру одливака отпорних на хабање;
- оптимизацију процеса ливења применом регресионе анализе на примеру одливака отпорних на хабање у ливници Гуча;
- унапређење кључних индикатора перформанси пословања на примеру ливнице Гуча и повећање ефективност пословних процеса у ливници применом *BSC* модела;

**Кључне речи:** унапређење, *KPI*, индустрија ливарства, *SVM*, *BSC* модел, организационо учење.

# **ABSTRACT**

## ***Improvement of the key indicators of business performance in the foundry industry***

*Improvement of the key indicators of business performance in foundry industry in order to achieve global standards of process and resource efficiency is of general interest for the Serbian foundries due to the proven initial hypothesis of this dissertation that the key performance indicators of business of Serbian foundries at a lower level compared to the Russian and European foundries.*

*The contribution of this dissertation can be seen from the scientific perspective and the perspective of business practices in the industry of casting. In scientific terms, the contribution of the dissertation can be divided as follows:*

- *Taken of the situation in the foundry industry in Serbia the comparison has been carried out (benchmarking) between the performance of Serbian foundry with performance of European, Russian and worlds foundries;*
- *Definition of BSC model for foundry;*
- *Based on the model, software solution using the modified software BSC Designer was implemented and applied in a realistic environment and based on, it shows the level of achievement of the business goals of the Serbian foundries;*
- *It is confirmed that the key performance indicators of business in Serbian foundries are at a lower level compared to European and Russian foundries;*
- *It is confirmed that the Support Vector Machine - SVM model can be successfully used in improving of technological process in foundries;*
- *It is confirmed that the casting process optimization is possible to achieve by regression analysis applied to a wear-resistant castings;*
- *It is confirmed that the implementation of the BSC method shows the effectiveness of business processes in foundries and the level of organizational learning on that basis.*

*Practical contribution of dissertation is refer to:*

- *Making software solutions using modified softwre BSC Designer and its application in the Serbian foundries;*
- *Advancing technological processes in foundry Guca using SVM model on example of wear resistant castings;*
- *Optimization of casting process using regression analysis on the example of wear resistant castings foundry in Guca;*
- *Improving key indicators of business performance in the case of foundry Guca and increase the effectiveness of business processes*

**Keywords:** *improvement, KPI, industry of casting, SVR, BSC model, organizational learning.*

# САДРЖАЈ

<b>I</b>	<b>УВОД</b> .....	<b>1</b>
1.1	Циљ истраживања .....	2
1.2	Теоријске основе истраживања .....	3
1.3	Основне хипотезе.....	7
1.4	Методе истраживања.....	11
1.5	Очекивани резултати .....	15
1.6	Оквирни садржај истраживања .....	16
<b>II</b>	<b>СТАЊЕ ЛИВНИЦА У СРБИЈИ, ЕВРОПСКОЈ УНИЈИ, РУСИЈИ И СВЕТУ</b> .....	<b>20</b>
2.1	Стање ливница у Србији .....	20
2.2	Стање ливница у Европској унији, Русији и свету .....	25
2.3	Дефинисање проблема.....	27
2.4	План спровођења истраживања ради доказивања хипотезе <i>I</i> .....	30
2.4.1	Формулисање анкетног упитника .....	30
2.4.2	Извори података.....	32
2.4.3	Спровођење анкетирања .....	32
<b>III</b>	<b>ТЕХНОЛОШКИ ПРОЦЕСИ У ИНДУСТРИЈИ ЛИВАРСТВА</b> .....	<b>34</b>
3.1	Процес пријема улазних сировина и материјала.....	35
3.2	Процес припреме материјала .....	36
3.3	Процес топљења материјала у пећима и припрема за ливење .....	37
3.4	Процес израде алата.....	39
3.5	Процес израде калупа и припрема песка.....	39
3.6	Процес ливења .....	40
3.7	Процес истресања одливака.....	41
3.8	Процес финалне обраде одливака .....	42
<b>IV</b>	<b>ИНДИКАТОРИ ПЕРФОРМАНСИ ПОСЛОВАЊА У ИНДУСТРИЈИ ЛИВАРСТВА</b> .....	<b>43</b>

4.1	Сврха мерења перформанси .....	43
4.2	Кључни индикатори и мере перформанси .....	43
4.3	Идентификација и дефинисање кључних индикатора перформанси пословања ливница .....	44
4.3.1	Идентификација кључних индикатора перформанси пословања ливница.....	44
4.3.2	Дефинисање кључних индикатора перформанси пословања ливница - <i>KPI</i> .....	45
4.3.3	Индикатор система управљања заштитом животне средине у ливницама.....	54
V	<b>БЕНЧМАРКИНГ - <i>KPI</i>-а .....</b>	<b>56</b>
5.1	Бенчмаркинг метод.....	56
5.2	Бенчмаркинг кључних индикатора перформанси пословања - <i>KPI</i> -а .....	58
5.2.1	Бенчмаркинг кључних индикатора перформанси пословања - <i>KPI</i> -а – „пилот“ истраживање .....	58
5.2.2	Ливница Гуча .....	58
5.3	Упоредна анализа кључних индикатора перформанси пословања руске и европске индустрије ливарства са српском ливачком индустријом на основу „пилот“ истраживања спроведеног у ливници Гуча .....	62
5.3.1	Ливница Пожега .....	63
5.3.2	Ливница Кикинда .....	66
5.3.3	Ливница Топола.....	69
5.3.4	Ливница Радијатор Зрењанин.....	72
5.3.5	Ливница Колекс „МИН – лив“ Ниш.....	77
5.4	Упоредна анализа кључних индикатора перформанси пословања руске и европске индустрије ливарства са српском ливачком индустријом на основу истраживања спроведеног у шест српских ливница – доказ хипотезе <i>I</i> .....	83
VI	<b><i>BSC</i> КОНЦЕПТ.....</b>	<b>88</b>
6.1	<b><i>BSC</i> перспективе.....</b>	<b>89</b>
6.1.1	Финансијска перспектива .....	90
6.1.2	Перспективе потрошача/купаца .....	90
6.1.3	Перспектива интерних пословних процеса у организацији .....	91
6.1.4	Перспективе учења и раста - <i>conditio sine qua non</i> одрживог развоја .....	92
6.2	<b><i>BSC</i> концепт при мерењу перформанси и имплементацији стратегије у ливницама.....</b>	<b>92</b>
6.2.1	Финансијске перспективе у ливницама.....	92
6.2.2	Перспективе односа с купцима у ливницама.....	96
6.2.3	Перспективне интерних процеса у ливницама .....	96



6.2.4	Перспектива учења и раста.....	97
<b>6.3</b>	<b>„Пилот“ истраживање балансираних мерила перформанси .....</b>	<b>99</b>
<b>6.4</b>	<b>Резултати „пилот“ истраживање балансираних мерила перформанси у ливници Гуча.....</b>	<b>100</b>
6.4.1	Добит <i>EBITDA</i> – добит пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит у зависности од нивоа знања и нивоа интерних процеса .....	116
6.4.2	Добит <i>EBITDA</i> – добит пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит (%) у зависности од стопе нето приноса на укупну пословну добит – <i>ROA</i> (%) и рачна опште ликвидности <i>ROL</i> (%) .....	119
6.4.3	Стопа нето приноса на укупну пословну добит – <i>ROA</i> (%) у зависности од нивоа знања (%) и нивоа интерних процеса (%) .....	123
6.4.4	Стопа нето приноса на укупну пословну добит – <i>ROA</i> (%) у зависности од <i>EBITDA</i> – добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит (%) и рачна опште ликвидности <i>ROL</i> (%).....	126
6.4.5	Рачно опште ликвидности <i>ROL</i> (%) у зависности од нивоа знања (%) и нивоа интерних процеса (%) .....	129
6.4.6	Рачно опште ликвидности - <i>ROL</i> у зависности од стопе <i>EBITDA</i> - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит и стопе нето приноса на укупну пословну добит – <i>ROA</i> .....	133
<b>6.5</b>	<b>Добит <i>EBITDA</i> – добит пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит у зависности од нивоа знања и нивоа интерних процеса у ливници Гуча за период 2005.-2013. година .....</b>	<b>138</b>
<b>VII</b>	<b>ПРИСТУП УНАПРЕЂЕЊУ ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА (<i>DoE</i>) - ЕФЕКТИ.....</b>	<b>143</b>
<b>7.1</b>	<b>План спровођења експерименталних истраживања у циљу доказивања хипотезе 2.....</b>	<b>143</b>
7.1.1	Преддизајнирање експеримента.....	143
<b>7.2</b>	<b>Дизајнирање експеримента.....</b>	<b>144</b>
7.2.1	Одређивање намере експеримента.....	144
7.2.2	Технолошки процес млевења руде бакра.....	144
7.2.3	Идентификовање варијабли.....	146
7.2.4	Дизајнирање експеримента.....	153
7.2.5	Извођење експеримента.....	153
7.2.6	Развој <i>SVM</i> модела.....	156
7.2.7	Примена развијеног модела <i>SVM</i> у процесу легирања .....	159
<b>7.3</b>	<b>План спровођења експерименталних истраживања у циљу доказивања хипотезе 3.....</b>	<b>161</b>
7.3.1	Припрема спровођења експеримента .....	161

<b>7.4</b>	<b>Спровођење експеримента .....</b>	<b>166</b>
7.4.1	Избор врсте експеримента .....	166
7.4.2	Израда пројекта експеримента .....	166
<b>7.5</b>	<b>Постављање експерименталног система.....</b>	<b>167</b>
7.5.1	Умеравање мерне и тестирање контролне опреме .....	168
7.5.2	Припрема узорака.....	169
7.5.3	Спровођење експеримента.....	170
<b>7.6</b>	<b>Обрада резултата експеримента .....</b>	<b>171</b>
<b>7.7</b>	<b>Тумачење резултата.....</b>	<b>171</b>
<b>7.8</b>	<b>Дисперзија експерименталних резултата.....</b>	<b>173</b>
<b>7.9</b>	<b>Провера адекватности модела .....</b>	<b>174</b>
<b>7.10</b>	<b>Провера микроструктуре.....</b>	<b>175</b>
<b>VIII</b>	<b>РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА .....</b>	<b>177</b>
<b>IX</b>	<b>ЗАКЉУЧЦИ.....</b>	<b>184</b>
	<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>191</b>
	<b>ПРИЛОЗИ .....</b>	<b>200</b>

# СПИСАК СЛИКА

<i>Ред.бр.</i>	<i>Слика бр.</i>	<i>Назив слике</i>
1.	<i>Слика 2.1</i>	Ливнице у Србији (модификовано према [12])
2.	<i>Слика 2.2</i>	Трендови раста у производњи одливака у Индији у периоду 1997.-2010. године (модификовано према [19])
3.	<i>Слика 2.3</i>	Структура произведених одливака у Индији у периоду 1997.-2010. године[19]
4.	<i>Слика 3.1</i>	Карта процеса у ливници (модификовано према [31])
5.	<i>Слика 5.1</i>	Број издатих сертификата и <i>IPPC</i> дозвола у ливницама у Србији
6.	<i>Слика 5.2</i>	Процесни принос (%) - упоредна анализа
7.	<i>Слика 5.3</i>	Ефикасност производње (%) - упоредна анализа
8.	<i>Слика 5.4</i>	Искоришћеност опреме <i>TEEP</i> (%) - упоредна анализа
9.	<i>Слика 5.5</i>	Потрошња енергије - упоредна анализа
10.	<i>Слика 5.6</i>	Потрошња новог песка - упоредна анализа
11.	<i>Слика 5.7</i>	Потрошња свеже воде - упоредна анализа
12.	<i>Слика 5.8</i>	Радна продуктивност - упоредна анализа
13.	<i>Слика 6.1</i>	Стратегијски план ИК „Гуча“ а.д. Гуча
14.	<i>Слика 6.2</i>	Визија/Мисија, циљеви и <i>SWOT</i> анализа ИК „Гуча“ а.д. Гуча
15.	<i>Слика 6.3</i>	Циљеви ИК „Гуча“ а.д. Гуча
16.	<i>Слика 6.4</i>	Изјава о политици ИК „Гуча“ а.д. Гуча
17.	<i>Слика 6.5</i>	Изјава ИК „Гуча“ а.д. Гуча
18.	<i>Слика 6.6</i>	Стратегијски план ливнице Пожега
19.	<i>Слика 6.7</i>	Визија/Мисија, циљеви и <i>SWOT</i> анализа ливнице Пожега

20. **Слика 6.8** Стратегијски план а.д. ливница Кикинда
21. **Слика 6.9** Визија/Мисија, циљеви и *SWOT* анализа а.д. ливница Кикинда
22. **Слика 6.10** Стратегијски план ливница Топола а.д. у реструктурирању
23. **Слика 6.11** Визија/Мисија, циљеви и *SWOT* анализа ливница Топола а.д. у реструктурирању
24. **Слика 6.12** Стратегијски план а.д. Радијатор Зрењанин
25. **Слика 6.13** Визија/Мисија, циљеви и *SWOT* анализа а.д. Радијатор Зрењанин
26. **Слика 6.14** Стратегијски план *KOPEX MIN - LIV* а.д.
27. **Слика 6.15** Визија/Мисија, циљеви и *SWOT* анализа *KOPEX MIN - LIV* а.д.
28. **Слика 6.16** *BSC* преглед циљева ливнице
29. **Слика 6.17** Импут *BSC* циљева ливнице (a)
30. **Слика 6.18** Импут *BSC* циљева ливнице (b)
31. **Слика 6.19** *BSC* циљеви ливнице у стратешком плану
32. **Слика 6.20** *BSC* циљеви ливнице - перспективе учења и развоја
33. **Слика 6.21** *BSC* циљеви ливнице - перспективе интерних процеса
34. **Слика 6.22** Стратегијска мапа *BSC* циљева ливнице
35. **Слика 6.23** Стратегијска мапа *BSC* циљева ливнице и њихова повезаност
36. **Слика 6.24** *BSC* у ливници Гуча
37. **Слика 6.25** *BSC* у ливници Пожега
38. **Слика 6.26** *BSC* у ливници Топола
39. **Слика 6.27** *BSC* у ливници Зрењанин
40. **Слика 6.28** *BSC* у ливници Ниш
41. **Слика 6.29** *BSC* у ливници Кикинда
42. **Слика 6.30** *BSC* ливница у Србији

43. **Слика 6.31** Добит *EBITDA* у зависности од нивоа знања
44. **Слика 6.32** Добит *EBITDA* у зависности од нивоа интерних процеса
45. **Слика 6.33** Добит *EBITDA* у зависности од нивоа *ROA*
46. **Слика 6.34** Добит *EBITDA* у зависности од нивоа *ROL*
47. **Слика 6.35** *ROA* у зависности од нивоа знања
48. **Слика 6.36** *ROA* у зависности од нивоа интерних процеса
49. **Слика 6.37** *ROA* у зависности од нивоа добити *EBITDA*
50. **Слика 6.38** *ROA* у зависности од *ROL*
51. **Слика 6.39** *ROL* у зависности од нивоа знања
52. **Слика 6.40** *ROL* у зависности од нивоа интерних процеса
53. **Слика 6.41** *ROL* у зависности од добити *EBITDA*
54. **Слика 6.42** *ROL* у зависности од *ROA*
55. **Слика 6.42** Добит *EBITDA* у зависности од нивоа знања
56. **Слика 6.43** Добит *EBITDA* у зависности од нивоа интерних процеса
57. **Слика 6.44** Добит *EBITDA* у зависности од нивоа знања
58. **Слика 7.1** Млевење руде бакра у флотацији „Бор“ - технолошка шема млевења
59. **Слика 7.2** Основна структура кернел алгоритма за анализу модела (модификовано према [104,106,107])
60. **Слика 7.3** Принцип пресликавања података из оригиналног у карактеристичан простор
61. **Слика 7.4** Принцип једнодимензионалне линеарне регресије (модификовано према [107])
62. **Слика 7.5** Функција регресије базирана на  $\varepsilon$  - *insensitive* функцији грешке
63. **Слика 7.6** Принцип линеарне  $\varepsilon$  - *insensitive* регресије (модификовано према [111])

64. **Слика 7.7** Мерење тврдоће узоркованих кугли методом *Rockwel „C“* (модификовано према [112])
65. **Слика 7.8** Спектрохемијска анализа хемијског састава узоркованих кугли: изглед спектрохемијског уређаја и место постављања узорка за анализу
66. **Слика 7.9** Експериментално мљење руде бакра у флотацији „Бор“ *a)* изглед млина, *б)* карактеристикам мљења (модификовано према [113])
67. **Слика 7.10** Графички приказ нивоа хабања флотацијских кугли: *a)* у зависности од тврдоће *Rockwel „C“* и *б)* процентуалног садржаја хрома као главног легирајућег елемента (модификовано према [113])
68. **Слика 7.11** Принцип реализације једнодимензионалне регресије (модификовано према [110])
69. **Слика 7.12** Упоредни преглед измерених вредности нивоа хабања и вредности добијених предикцијом развијеним *SVR* алгоритмом (модификовано према [10,113])
70. **Слика 7.13** Зависност потрошње флотационих кугли одређеног хемијског састава од тврдоће (*HRC*) (модификовано према [113])
71. **Слика 7.14** Алгоритам за дефинисање оптималне количине хрома у легури и прогнозирање вредности нивоа хабања флотационих кугли
72. **Слика 7.15** Пример прогнозирања нивоа хабања флотационих кугли и дефинисања оптималне количине *Cr* у легури зависно од садржаја *Mn*
73. **Слика.7.16** Опис модела експеримента при истраживању процеса ливења флотационих кугли (модификовано према [95])
74. **Слика 7.17** Методологија реализације експеримента (модификовано према [124,125,128])
75. **Слика 7.18** Изглед апарата за мерење тврдоће
76. **Слика 7.19** Мерење температуре лива оптичким пирометром (модификовано према [115,117])
77. **Слика. 7.20** Мерење протока течности за хлађење помоћу индустријских водомера (модификовано према [115,117])
78. **Слика 7.21** Изглед временских релеја

79. **Слика 7.22** Поступак ливења флотационих кугли у процесу извођења експеримента
80. **Слика 7.23** Зависност улазних параметара ливења и тврдоће при константном времену држања лива у алату (модификовано према [113])
81. **Слика 7.24** Микроструктура флотационе кугле направљене према ранијој технологији ( $\times 200$ ) (модификовано према [113])
82. **Слика 7.25** Микроструктура флотационе кугле направљена према новој технологији ( $\times 200$ ) (модификовано према [113])
83. **Слика 8.1** Кључни индикатори перформанси пословања, процесни принос (%) и ефикасност производње *OEE* (%) ливнице Гуча пре и после технолошких унапређења

# СПИСАК ТАБЕЛА

<i>Ред.бр. Табела бр.</i>	<i>Назив табеле</i>
1.	<i>Табела 1.1</i> Преглед емпиријских студија и истраживања <i>KPI</i> у индустрији ливарства
2.	<i>Табела 1.2</i> Преглед емпиријских студија и истраживања примене <i>BSC</i> у индустрији
3.	<i>Табела 2.1</i> Преглед ливница у Србији с пројектованим и оствареним капацитетима у 2013.год.
4.	<i>Табела 2.2</i> Реализација плана прикупљања података
5.	<i>Табела 4.1</i> Израчунавање процесног приноса
6.	<i>Табела 4.2</i> Израчунавање ефикасности производње ( <i>OEE</i> )
7.	<i>Табела 5.1</i> Процесни принос у ливници Гуча
8.	<i>Табела 5.2</i> Ефикасност производње ( <i>OEE</i> ) у ливници Гуча
9.	<i>Табела 5.3</i> Укупна ефикасност перформанси опреме ( <i>TEEP</i> ) у ливници Гуча
10.	<i>Табела 5.4</i> Потрошња енергије у ливници Гуча
11.	<i>Табела 5.5</i> Потрошња песка у ливници Гуча
12.	<i>Табела 5.6</i> Потрошња свеже воде у ливници Гуча
13.	<i>Табела 5.7</i> Радна продуктивност у ливници Гуча
14.	<i>Табела 5.8</i> Упоредна анализа кључних индикатора перформанси пословања руске и европске индустрије ливарства са српском ливачком индустријом на основу „Пилот“ истраживања спроведеног у ливници Гуча (модификовано према[2,4])
15.	<i>Табела 5.9</i> Процесни принос у ливници Пожега



16. **Табела 5.10** Ефикасност производње (*OEE*) у ливници Пожега
17. **Табела 5.11** Укупна ефикасност перформанси опреме (*TEEP*) у ливници Пожега
18. **Табела 5.12** Потрошња енергије у ливници Пожега
19. **Табела 5.13** Потрошња песка у ливници Пожега
20. **Табела 5.14** Потрошња свеже воде у ливници Пожега
21. **Табела 5.15** Радна продуктивност у ливници Пожега
22. **Табела 5.16** Процесни принос у ливници Кикинда
23. **Табела 5.17** Ефикасност производње (*OEE*) у ливници Кикинда
24. **Табела 5.18** Укупна ефикасност перформанси опреме (*TEEP*) у ливници Кикинда
25. **Табела 5.19** Потрошња енергије у ливници Кикинда
26. **Табела 5.20** Потрошња песка у ливници Кикинда
27. **Табела 5.21** Потрошња свеже воде у ливници Кикинда
28. **Табела 5.22** Радна продуктивност у ливници Кикинда
29. **Табела 5.23** Процесни принос у ливници Топола
30. **Табела 5.24** Ефикасност производње (*OEE*) у ливници Топола
31. **Табела 5.25** Укупна ефикасност перформанси опреме (*TEEP*) у ливници Топола
32. **Табела 5.26** Потрошња енергије у ливници Топола
33. **Табела 5.27** Потрошња песка у ливници Топола
34. **Табела 5.28** Потрошња свеже воде у ливници Топола

35. **Табела 5.29** Радна продуктивност у ливници Топола
36. **Табела 5.30** Процесни принос у ливници Зрењанин
37. **Табела 5.31** Ефикасност производње (*OEE*) у ливници Зрењанин
38. **Табела 5.32** Укупна ефикасност перформанси опреме (*TEEP*) у ливници Зрењанин
39. **Табела 5.33** Потрошња енергије у ливници Зрењанин
40. **Табела 5.34** Потрошња песка у ливници Зрењанин
41. **Табела 5.35** Потрошња свеже воде у ливници Зрењанин
42. **Табела 5.36** Радна продуктивност у ливници Зрењанин
43. **Табела 5.37** Процесни принос у ливници Ниш
44. **Табела 5.38** Ефикасност производње (*OEE*) ливнице Ниш
45. **Табела 5.39** Укупна ефикасност перформанси опреме (*TEEP*) у ливници Ниш
46. **Табела 5.40** Потрошња енергије у ливници Ниш
47. **Табела 5.41** Потрошња песка у ливници Ниш
48. **Табела 5.42** Потрошња свеже воде у ливници Ниш
49. **Табела 5.43** Радна продуктивност у ливници Ниш
50. **Табела 5.44** Табеларни преглед индикатора заштите животне средине за шест најзначајних српских ливница
51. **Табела 5.45** Преглед *EMAS* сертификата по земљама у Европи
52. **Табела 5.46** Упоредна анализа кључних индикатора перформанси пословања руске и европске индустрије ливарства са српском ливачком индустријом на основу истраживања спроведеног у шест српских ливница

53. **Табела 6.1** Финансијске перспективе у ливницама (модификовано према [86])
54. **Табела 6.2** Перспективе односа с купцем у ливницама (модификовано према [86])
55. **Табела 6.3** Перспективе интерних процеса у ливницама (модификовано према [86])
56. **Табела 6.4** Перспективе учења и раста у ливницама
57. **Табела 6.5** Добит *EBITDA* у зависности од нивоа знања и нивоа интерних процеса
58. **Табела 6.6** Сумарни извештај - добит *EBITDA* у зависности од нивоа знања и нивоа интерних процеса
59. **Табела 6.7** Добит *EBITDA* у зависности од *ROA (%)* и *ROL (%)*
60. **Табела 6.8** Сумарни извештај- добит *EBITDA* у зависности од *ROA (%)* и *ROL (%)*
61. **Табела 6.9** Стопа нето приноса на укупну пословну добит - *ROA (%)* у зависности од нивоа знања (%) и нивоа интерних процеса (%)
62. **Табела 6.10** Сумарни извештај - стопа нето приноса на укупну пословну добит - *ROA (%)* у зависности од нивоа знања (%) и нивоа интерних процеса (%)
63. **Табела 6.11** Стопа нето приноса на укупну пословну добит - *ROA (%)* у зависности од *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит (%) и рачна опште ликвидности *ROL (%)*
64. **Табела 6.12** Сумарни извештај - стопа нето приноса на укупну пословну добит - *ROA (%)* у зависности од *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит (%) и рачна опште ликвидности *ROL (%)*
65. **Табела 6.13** Рачно опште ликвидности *ROL (%)* у зависности од нивоа знања (%) и нивоа интерних процеса (%)

66. **Табела 6.14** Сумарни извештај - Рацио опште ликвидности *ROL (%)* у зависности од нивоа знања (%) и нивоа интерних процеса (%)
67. **Табела 6.15** Рацио опште ликвидности *ROL (%)* у зависности од стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит и стопе нето приноса на укупну пословну добит - *ROA*
68. **Табела 6.16** Сумарни извештај - Рацио опште ликвидности *ROL (%)* у зависности од стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит и стопе нето приноса на укупну пословну добит - *ROA*
69. **Табела 6.17** Добит *EBITDA* у зависности од нивоа знања и нивоа интерних Процеса
70. **Табела 6.18** Сумарни извештај - добит *EBITDA* у зависности од нивоа знања и нивоа интерних процеса
71. **Табела 6.19** Ниво сензитивности варијабле на финансијску перспективу *EBITDA*
72. **Табела 7.1** Део резултата (база података) лабораторијског испитивања флотацијских кугли приказан у облику скупа тренинг података и скупа тест података *SVR* алгоритма
73. **Табела 7.2** Фактори који утичу на тврдоћу флотацијске кугле
74. **Табела 7.3** Факторски нивои
75. **Табела 7.4** Матрица извођења експеримента (модификовано према [122])
76. **Табела 7.5** Хемијски састав за нискохромно бело ливено гвожђе
77. **Табела 7.6** Састав шарже за кокилно ливење флотационих кугли по тони
78. **Табела 7.7** Преглед резултата мерења [113]
79. **Табела 8.1** Процесни принос ливнице Гуча
80. **Табела 8.2** Ефикасност производње (*OEE*) ливнице Гуча

81. **Табела 8.3** Укупна ефикасност перформанси опреме (*TEEP*) ливнице Гуча
82. **Табела 8.4** Потрошња енергије у ливници Гуча
83. **Табела 8.5** Потрошња песка у ливници Гуча
84. **Табела 8.6** Потрошња свеже воде у ливници Гуча
85. **Табела 8.7** Радна продуктивност у ливници Гуча
86. **Табела 8.8** Упоредна анализа кључних индикатора перформанси пословања руске и европске индустрије ливарства с ливницом Гуча пре и након унапређења

# ПРЕГЛЕД КОРИШЋЕНИХ СКРАЋЕНИЦА, СТРАНИХ РЕЧИ И ИЗРАЗА

<b>Скраћеница</b>	<b>Српски</b>	<b>Енглески</b>
<b><i>KPI</i></b>	Кључни индикатори перформанси	<i>Key performance indicators</i>
<b><i>EU</i></b>	Европска унија	<i>European Union</i>
<b><i>SVM</i></b>	Метод вектора подршке	<i>Support Vector Machine</i>
<b><i>BSC</i></b>	Систем уравнотежених показатеља	<i>Balanced Scorecard</i>
<b><i>SVR</i></b>	Регресија вектора подршке	<i>Support Vector Regression</i>
<b><i>BAT</i></b>	Референтни документ о најбоље доступним техникама у области ливачке индустрије и ковачница	<i>Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry</i>
<b><i>USA</i></b>	Сједињене Америчке Државе	<i>United States of America</i>
<b><i>PMS</i></b>	Систем за мерење перформанси	<i>Performance Measurement System</i>
<b><i>IFC</i></b>	Међународна финансијска корпорација	<i>International Finance Corporation</i>
<b><i>WBG</i></b>	Групација Светске банке	<i>World Bank Group</i>
<b><i>EHS</i></b>	Заштита животне средине и заштите здравља и безбедности на раду	<i>Environmental, Health, and Safety</i>
<b><i>BREF</i></b>	Најбоље доступне технике за ливнице	<i>Best Available Technique Reference Notes</i>
<b><i>IPPC</i></b>	Интегрисана контрола и спречавање загађења	<i>Integrated pollution prevention and control</i>
<b><i>CAD</i></b>	Компјутерски подржано пројектовање	<i>Computer - Aided - Design</i>
<b><i>CAM</i></b>	Компјутерски подржана производња	<i>Computer - Aided - Manufacturing</i>
<b><i>CSFs</i></b>	Критични фактори успеха	<i>Critical Success Factors</i>
<b><i>OEE</i></b>	Ефикасност производње	<i>Effective Production</i>
<b><i>TEEP</i></b>	Укупна ефикасност перформанси опреме	<i>Total Effective Equipment Performance</i>

<b><i>ISO 14001</i></b>	Систем управљања заштитом животне средине	<i>Environmental management</i>
<b><i>EMAS</i></b>	Систем управљања заштитом животне средине и провере	<i>Eco - Management and Audit Scheme</i>
<b><i>CNC</i></b>	Компјутерски управљане машине	<i>Computer Numerical Control</i>
<b><i>PKS</i></b>	Привредна комора Србије	<i>Chamber of Commerce and Industry of Serbia</i>
<b><i>EN-GJL</i></b>	Сиви лив	<i>Cast Iron</i>
<b><i>EN-GJS</i></b>	Нодуларни лив	<i>Ductile cast iron</i>
<b><i>BMP</i></b>	Управљање компанијским перформансама	<i>Business Performance Management</i>
<b><i>ROA</i></b>	Стопа нето приноса на укупну пословну имовину	<i>Return on assets</i>
<b><i>EBITDA</i></b>	Добит пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит	<i>Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization</i>
<b><i>HRC</i></b>	Тврдоћа по Роквелу	<i>Rockwell is a method of measuring the hardness of materials</i>
<b><i>P(g/kg)</i></b>	Похабана маса кугли у грамима /самлевена руда у килограмима	<i>Worn balls mass in grams / milled ore in kilograms</i>

# ТЕРМИНОЛОШКЕ ОДРЕДНИЦЕ АУТОРА

<b>Појам</b>	<b>Објашњење</b>
<b>Бенчмаркинг</b>	Бенчмаркинг је континуирани процес идентификације, разумевања и прилагођавања опреме, поступака, производа и услуга организације с најбољим упоредивим резултатима у циљу побољшања сопственог пословања ( <i>Moriarty &amp; Smallman, 2009; Heleta, 2010</i> ).
<b>Организација (<i>organisation</i>)</b>	Ентитет (који обухвата институције, удружења, предузећа) који има заједнички циљ и повезан је са спољашњим окружењем.
<b>Синергијски ефекат (синергија)</b>	Ефекат произашао интеракцијом два или више ентитета, чија је вредност већа од збира појединачних ефеката ентитета који учествују у интеракцији.
<b>Организационо учење</b>	Организационо учење се најчешће дефинише као промена у когнитивним структурама и понашању чланова организације која обезбеђује подизање способности организације да се прилагоди своме окружењу ( <i>McGill, Slocum, 1994, s 10</i> ).



# I УВОД

Данас, док ливачка индустрија у Европи и свету бележи константан раст и развој, готово све српске ливнице налазе се у веома тешком положају, како организационом тако и финансијском. Као императив се намеће опстанак, развој и унапређење српске ливачке индустрије како би се иста учинила профитабилном и конкурентном на тржишту.

Значај проблема унапређења кључних индикатора перформанси пословања ливница ради достизања глобалних стандарда процесне и ресурсне ефикасности од општег је интереса за српске ливнице с обзиром на претпоставку да су кључни индикатори перформанси пословања српских ливница на нижем нивоу у односу на руске и европске ливнице. Иако је систем кључних индикатора перформанси релативно једноставан за примену, ипак је недовољно примењен у српским привредним друштвима. Кроз ову дисертацију, повезујући резултате истраживања у оквиру индустрије ливарства спроведене у Европи, Русији и свету и њиховим поређењем с резултатима добијеним у Србији, биће представљена могућност примене кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства. Свакако да су за развој и унапређење ливачке индустрије неопходни значајни ресурси и инвестиције али исто тако од изузетне важности је утврдити кључне индикаторе перформанси пословања за ову грану индустрије помоћу којих се може утврдити глобални положај српске ливачке индустрије.

Кључни индикатори перформанси (енг. *Key performance indicators KPI*) су према Међугорцу и др.: “ *јединице за мерење перформансе индустријског постројења или његовог појединачног сегмента* “. Менаџмент организације, *KPI* може користити ради утврђивања глобалног положаја постројења или неке од његових активности у које је постројење укључено. Најчешће се успех дефинише као напредовање у остварењу постављеног стратешког циља. Стога, избор адекватног *KPI* је од изузетне важности како би се остварили постављени стратешки циљеви.[1]

Предмет дисертације је унапређење кључних индикатора перформанси пословања ливница с акцентом на српске ливнице и њихове могућности достизања најбоље доступних техника за производне процесе и процесе рада у односу на релевантне стандарде светске класе.

Пословни процеси у већини ливница у Србији дефинисани су у претходном периоду и не одговарају садашњим условима пословања у водећим европским и руским ливницама. Из тог разлога наше ливнице нису конкурентне у односу на водеће европске и руске ливнице. Српске ливнице обично не посвећују довољно пажње умањењу својих трошкова и свођењу истих на минимум, због журбе да заузму позицију на локалним и регионалним тржиштима. Уштеда трошкова у српским ливницама може се остварити једино уколико оне могу имплементирати промене које ће довести до достизања специфичних индустријских стандарда.

## 1.1 Циљ истраживања

Циљ докторске дисертације је да се изврши:

- Упоређивање (енг. *Benchmarking*) перформанси српских ливница, које су повезане с ефикасношћу ресурса и перформансама европских и руских ливница.
- Спознаја приоритета српских ливница, њихових стратегија и развојних планова у погледу будућих инвестиција које могу резултирати побољшаном ефикасношћу процеса и ресурса.
- Дефинисање потенцијала смањења укупних трошкова, уколико компаније достигну *EU* и глобалне стандарде процесне и ресурсне ефикасности.
- Одређивање потенцијала уштеде главних ресурса ливница (енергија, вода, улазни материјали).
- Унапређење технолошких процеса применом метода вектора подршке (енг. *Support Vector Machine – SVM*) на примеру одливака отпорних на хабање.
- Оптимизација процеса ливења применом регресионе анализе на примеру одливака отпорних на хабање.

- Утврђивање модела процеса с аспекта кључних индикатора перформанси пословања српских ливница у односу на европске и руске ливнице.
- Постављање *BSC* метода у ливницама.
- Унапређење кључних индикатора перформанси пословања ливница и повећање ефективности пословних процеса у ливницама применом *BSC* метода а на бази тога одређивање ниво организационог учења.

## 1.2 Теоријске основе истраживања

У прегледу досадашњих значајних истраживања биће дат акценат на истраживања и релевантна међународна искуства у мерењу учинка кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства са свим ограничењима која имају обављена истраживања као и досада оствареним користима у смислу ефикасности пословних процеса у ливницама.

Досадашња истраживања имала су за циљ да дефинишу кључне индикаторе перформанси пословања у индустрији ливарства као и мере за побољшање перформанси кључних индикатора у ливницама што је резултирало ресурсном ефикасношћу. У погледу литературе може се закључити да је ово једна од последњих области која је изучавана у оквиру индустрије ливарства. Анализе кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства рађене су пре свега у земљама које се сматрају лидерима у овој области (Кина, Индија, Бразил, САД, Русија и земље источне Европе).

У првој свеобухватној међусекторској бенчмаркинг студији коју су израдили Кристина Турилова, Марија Сигутина и Борис Некрасов, *Resource Efficiency in the Ferrous Foundry Industry in Russia: Benchmarking Study, IFC Advisory Services in Eastern Europe and Central Asia, 2011.* упоређен је руски и европски ливачки сектор. Студијом су обухваћени потенцијали ресурсне ефикасности ливачке индустрије (ливење гвожђа и челика) као и савети о томе како у потпуности искористити потенцијале руске ливачке индустрије. Такође, предложене су уштеде које се могу постићи кроз имплементацију мера ради постизања ресурсне ефикасности и достизања стандарда ефикасности европских ливница.

Према истраживањима која је спровела Кристина Турилова и др., идентификовано је седам кључних индикатора перформанси пословања ливница и то [2]:

- индикатор *KPI 1* - процесни принос (%);
- индикатор *KPI 2* - ефикасност производње (%);
- индикатор *KPI 3* - искоришћеност опреме (%);
- индикатор *KPI 4* - потрошња енергије на топљењу (%);
- индикатор *KPI 5* - потрошња песка;
- индикатор *KPI 6* - потрошња воде и
- индикатор *KPI 7* - радна продуктивност.

Слична студија рађена је у Индији, *E. Nand Gopal, D. Ramesh, Resource Efficiency for Sustainability in Ferrous Foundry – A Case of Kolhapur MSME Cluster, Indian Foundry Journal, Vol 60 No2 February 2014*. Ова студија, спроведена у периоду 2012. - 2013. године, бави се унапређењем ресурсне ефикасности и процесног приноса у *Kolhapur MSME Cluster* ливницама. Резултати добијени у овој студији упоређени су с резултатима добијеним у европским ливницама. С обзиром на знатан пад искоришћености капацитета у *MSME* ливницама, проузрокован драстичним падом тржишта аутомобилске индустрије највећег клијента ових ливница, ова студија треба да омогући одрживи развој ливница.[3] Везано за ову студију, претходно 2012. године, објављен је пројекат *Gef - World Bank Project „ Financing Energy Efficiency at MSMEs “*, *Bureau of Energy Efficiency, Issue 1 Oct-Dec.2012*. у којем су приказани кључни индикатори перформанси пословања у *Kolhapur* ливницама у Индији и исти су упоређени с резултатима добијеним у источној Европи и земљама у развоју. Од значаја за ову дисертацију у погледу прегледа значајних истраживања јесте и пројекат: *“Foundrybench, Improving the energy efficiency of foundries in Europe, Supported by intelligent energy Europe, IEE/07/585/SI2 500402“*, <http://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/foundrybench>. Пројекат је реализовао конзорцијум који чине осам партнера из следећих земаља Финске, Шведске, Немачке, Пољске, Француске, Велике Британије, Шпаније и Италије. Пројекат је реализован у периоду 01/2009.-12/2011. године. Циљ пројекта био је поређење и унапређење ефикасног коришћења енергије у оквиру индустрије ливарства у оквиру ових земаља.[4]

Ограничења ових студија су:

- a) Студије рађене у Русији и земљама источне Европе, *K. Turilova, M. Sigutina, B. Nekrasov, Resource Efficiency in the Ferrous Foundry Industry in Russia: Benchmarking Study, IFC Advisory Services in Eastern Europe and Central Asia, 2011.* као и студије и пројекти рађени у Индији, *E. Nand Gopal, D. Ramesh, Resource Efficiency for Sustainability in Ferrous Foundry – A Case of Kolhapur MSME Cluster, Indian Foundry Journal, Vol 60 No2, February 2014.*[3] и пројекат *Gef - World Bank Project „ Financing Energy Efficiency at MSMEs “, Bureau of Energy Efficiency, Issue 1 Oct-Dec.2012.*, фокусирају се на индикаторе који зависе од опреме и технологије. Занемарени су индикатори који се односе на заштиту животне средине а они свакако играју значајну улогу у ливницама, нарочито оним с већим капацитетом од 20т/дан за које је неопходно прибављање *IPPC* дозволе.
- б) Студија која је рађена у Финској, Шведској, Немачкој, Пољској, Француској, Великој Британији, Шпанији и Италији, :“*Foundrybench, Improving the energy efficiency of foundries in Europe, Supported by intelligent energy Europe, IEE/07/585/SI2500402*“, <http://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/foundrybench> [4] спроведена је у привредно развијеним земљама али ни у једној од земаља у развоју. Поставља се питање да ли се налази ових истраживања из неколико индустријских развијених земаља могу применити на већи број земаља са привредом у развоју.
- в) Ниједна од ових студија није коришћена у другим контекстима.

Користи од ових истраживања састоје се првенствено у томе што су идентификовани кључни индикатори перформанси пословања ливница. Применом утврђених индикатора омогућена су поређења у ливачком сектору у више земаља света и на више континената. Такође, идентификоване су мере за побољшање перформанси кључних индикатора у ливницама што је резултирало ресурсном ефикасношћу. Преглед емпиријских студија и истраживања *KPI* у индустрији ливарства дат је у табели 1.1.

Табела 1.1 Преглед емпиријских студија и истраживања КРП у индустрији ливарства

Земља/Назив студије	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Методологија</li> <li>- Величина узорка</li> <li>- Период спровођења</li> <li>- Ограничења</li> </ul>	Главни налази
<p>Русија и земље источне Европе  <i>K. Turilova, M. Sigutina, B. Nekrasov, Resource Efficiency in the Ferrous Foundry Industry in Russia: Benchmarking Study, IFC Advisory Services in Eastern Europe and Central Asia, 2011. [2]</i></p>	<p><i>Benchmarking Study</i></p>	<p>Идентификовано је седам кључних индикатора перформанси пословања ливница и то:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-индикатор <i>KPI 1</i> - процесни принос (%),</li> <li>-индикатор <i>KPI 2</i> - ефикасност производње (%),</li> <li>-индикатор <i>KPI 3</i> - искоришћеност опреме (%),</li> <li>-индикатор <i>KPI 4</i> - потрошња енергије на топљењу (%),</li> <li>-индикатор <i>KPI 5</i> - потрошња песка,</li> <li>-индикатор <i>KPI 6</i> - потрошња воде и</li> <li>-индикатор <i>KPI 7</i> - радна продуктивност.</li> </ul>
	<p>14% од укупне производње руских ливница или 478.000 тона                      Период спровођења истраживања је 2007.-2009.год.                      Студијом је обухваћено 27 производних програма од 32 постојећа или 84% укупног производног програма.</p>	
	<p>Ограничава се на факторе који зависе од технологије, опреме и процеса.</p>	
<p>Индија                      пројекат <i>Gef - World Bank Project,, Financing Energy Efficiency at MSMEs “, Burenaу of Energy Efficiency, Issue 1 Oct-Dec.2012.</i></p>	<p>Пројекат</p>	<p>У пројекту су приказани кључни индикатори перформанси пословања у <i>Kolhapur</i> ливницама у Индији и исти су упоређени с резултатима добијеним у источној Европи и земљама у развоју.</p>
	<p><i>Benchmarking Kolhapur MSME Cluster</i>                      Непозната величина узорка.</p>	
	<p>Ограничава се на факторе који зависе од технологије, опреме и процеса.</p>	
<p>Индија  <i>E. Nand Gopal, D. Ramesh, Resourcc Efficiency for Sustainability in Ferrous Foundry – A Casa of Kolhapur MSME Cluster, Indian Foundry Journal, Vol 60 No2, February 2014.[3]</i></p>	<p>Истраживање је спроведено полуструктурираним упитником и интервјуом.</p>	<p>Студијом су идентификоване мере за побољшање перформанси кључних индикатора у ливницама што је резултирало ресурсном ефикасношћу.</p>
	<p>Период спровођења истраживања: од средине 2012. па до почетка 2013.год., укупно 15 месеци.                      Прелиминарно истраживање спроведено је у 151 ливници а детаљна студија спроведена је у 81 ливници <i>Kolhapur MSME Cluster</i>.</p>	
	<p>Ограничава се на факторе који зависе од технологије, опреме и процеса.</p>	
<p>Финска, Шведска, Немачка, Пољска, Француска, Велика Британија, Шпанија и Италија.  <i>“Foundrybench, Improving the energy efficiency of foundries in Europe, Supported by intelligent energy Europe, IEE/07/585/SI2 500402“[4]</i></p>	<p><i>Benchmarking</i></p>	<p>Циљ пројекта био је поређење и унапређење ефикасног коришћења енергије у оквиру индустрије ливарства у оквиру ових земаља.</p>
	<p>Пројекат је реализован у периоду 01/2009.-12/2011.</p>	
	<p>Студија је рађена у привредно развијеним земаљама али ни у једној од земаља у развоју.</p>	

Референце које су наведене а односе се на ресурсну ефикасност ливачке индустрије и њене индикаторе иницирале су постављање прве хипотезе.

### 1.3 Основне хипотезе

Полазну основу за истраживање, добијену из дилема у теорији и пракси, чине следеће хипотезе:

1. Кључни индикатори перформанси пословања у српским ливницама су на нижем нивоу у односу на европске и руске ливнице.
2. *SVM* модел се може успешно користити при унапређењу технолошких процеса у ливницама.
3. Оптимизацију процеса ливења могуће је остварити регресионом анализом примењеном на одливке отпорне на хабање.
4. Применом *BSC* метода исказује се ефективност пословних процеса у ливницама, а на бази тога ниво организационог учења.

У прегледу најзначајније литературе која ће бити коришћена у дисертацији, наведене су и референце које се односе на *SVM*. *SVM* алгоритам дефинисан је 1963. године од стране руског научника Владимира Вапнике, а објављен је 1995. године у сарадњи с Данском научницом *Korine Kortez* и налази се на листи од 10 најчешће коришћених алгоритама за проналажење скривеног знања која је установљена на Универзитету у Вермонту. Алгоритам *SVM* намењен је пре свега за класификацију, па ће и овде бити коришћен у том контексту. *SVM* је *machine learning* метод који се заснива на теорији статистичког учења. Основна идеја овог алгоритма је да се у скупу коначног броја података уоче релације (моделу), који важе за тај скуп.

Идентификацијом и учењем ових релација, *SVM* стиче особину генерализације, која заправо значи да ће алгоритам бити у стању да изврши прогнозирање (предикцију) над новим подацима генерисаним од стране истог извора. Очигледно, *SVM* захтева базу података која се састоји од коначног броја парова података (*Huang et al., 2010*). Развијен је велики број функција које се заснивају на *SVM* алгоритму (класификација, регресија,

рангирање, кластеровање и др.) (*She and Gindy, 2007*). За овај рад од посебног значаја је функција регресије вектора подршке (*енг. Support Vector Regression – SVR*) где на основу реалне тренинг базе *SVR* алгоритам тренира своје параметре (*Cho et al., 2005*).

*SVR* представља посебан тип *SVM* оптимizacionих алгоритама за проналажење општих релација у скуповима података, а намењен је решавању проблема регресије. Као и сви *SVM* алгоритми, *SVR* се заснива на пресликавању података из оригиналног у карактеристични простор веће димензионалности (*feature domen*), где се нелинеарне релације које постоје у неком скупу података могу представити једноставним линеарним функцијама (*C. M. Bishop, 2006*).

Проблем повећања комплексности алгоритама, услед увођења простора веће димензионалности, може се решити коришћењем *kernel* функција. *Kernel* функције омогућавају имплицитно увођење карактеристичног простора коришћењем тзв. „*kernel trika*“ (*J. Shawe-Taylor, et al., 2004*), који елиминише потребу за познавањем саме функције пресликавања података из оригиналног у карактеристичан простор, док комплексност прорачуна остаје иста као у оригиналном простору. На тај начин, омогућено је пресликавање података из оригиналног у карактеристични простор чија димензионалност може бити и бесконачна.

Ови литературни извори су релативно новијег датума и послужили су у постављању друге хипотезе. Такође, наведени литературни извори послужиће и да приказане резултате у њима интегрише с једним од циљева истраживања, односно у делу развоја и постављања адекватног рачунарског *SVM* метода за оптимално легирање одливака отпорних на хабање и одређивање нивоа хабања наведене врсте одливака, односно за оптимизацију и технолошка унапређења процеса ливења.

Још једна од теорија која ће бити примењена у дисертацији јесте општа теорија *Box-Wilsonovog* градијантног метода оптимизације. Овај метод се користи првенствено у случајевима када је поље шума (дисперзионо поље) у испитиваном процесу релативно мало и за утврђивање најповољнијих радних услова процеса преко идентификације градијантних линија или оптимално режимско-технолошких траса управљања процесом



при непознатом облику функције циља (експериментално-статистичка оптимизација и управљање процесом на основу емпиријске повратне спреге) (*Stanić, J. 1985*).

Овај метод искоришћен је за оптимизацију параметара ливења одливака отпорних на хабање а самим тим и за унапређење кључних индикатора перформанси пословања ливница. У наставку су наведени литературни извори који се односе на наведену методу а који су довели до постављања треће хипотезе.

(*Aksentijevic, et al., 2005*) у свом раду, који се односи на математичке могућности оптимизације процеса ливења с испарљивим моделима, уместо досадашњих скувих и временски дугих метода једнофакторног планирања експеримента, применио је методе вишефакторног планирања експеримента, *Boks Vilosnov* метод и статистичке методе (регресионе и дисперзионе анализе). У пракси за дизајнирање експеримента се често користи потпуни факторијални план с варијацијом фактора на три нивоа. Како би смањили број потребних експеримената за опис нелинеарних система, *Box* и *Wilson (1951)* су предложили централно композитни план експеримента (*central composite design, CCD*), који се сврстава у нефакторијалне планове. Уз *Box-Wilsonov CCD* план за опис нелинеарних одзива примењује се *Box-Behnkenov* план експеримента који користи само три нивоа по фактору (*Box et al., 1960; Trutna et al., 2003*). *Box-Wilsonov* метод нашао је примену и у оптимизацији технолошког процеса заваривања (*Новик Ф.С., Арсов Ј.Б. 1980*) и (*Бойко И.Ю., Атауш В.Е 2001*).

У циљу постављања четврте хипотезе, извршена је анализа литературе која се односи на примену *BSC* метода у индустрији ливарства. Следећа литература, иако се не бави применом *BSC* метода у индустрији ливарства, навела је аутора дисертације на постављање четврте хипотезе.

Прегледом литературе, (*Neely et al., 1995*), утврђено је да су развијени системи мерења перформанси (*SMP*) засновани како на логичким тако и на математичким основама. Можда најчешће коришћени *SMP* је систем уравнотежених показатеља (*Balanced scorecard*) - *BSC* приступ (*Kaplan and Norton, 1992*). *BSC* метода је интегрисана у систем

менаџмента (*Kaplan and Norton, 2001*), тако да успешно повезује корпоративну стратегију с конкретним резултатима (*Butler et al., 1997*).

Према (*Chan и Ho 2000*) сврха примене *BSC* је идентификација главних циљева који могу довести до побољшања перформанси организације. Поједини истраживачи (*Malina and Selto, 2001; Davis and Albright, 2004; Bose and Thomas, 2007*) закључили су да је применом *BSC* методе могуће побољшати профитабилност предузећа. Друге студије укључујући *Dumond (1994)*, (*Forza u Salvador 2000 и 2001*) су показале да примена *BSC* доводи до задовољства запослених и разумевања посла. (*Lee и Yang 2011*) испитивали су ефекат организационе структуре и конкуренције на дизајн система мерења перформанси и њихов заједнички утицај на перформансе.

*Domanovic (2013)* испитује мерење перформанси у компанијама из различитих привредних области у циљу утврђивања односа између имплементације *BSC* метода и финансијских перформанси. Ова студија подржава теорију да се *BSC* метода може користити да би се побољшале финансијске перформансе.

**Табела 1.2** Преглед емпиријских студија и истраживања примене *BSC* у индустрији

Земља/Назив студије	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Методологија</li> <li>- Величина узорка</li> <li>- Период спровођења</li> <li>- Ограничења</li> </ul>	Главни налази
<p>Србија <i>Violeta Domanović, Efektivnost sistema merenja performansi u slovima savremenog poslovnog okruženja, Ekonomski horizonti, Januar - April 2013, Godište XV, Sveska 1, 31 – 44.</i></p>	<p>Циљ студије јесте да се осветли значај примене мултидимензионалних мерила перформанси и конкретних организационих фактора у процесу примене методологије савремених система мерења перформанси. Извршено је мерење перформанси у компанијама из различитих привредних области у циљу утврђивања односа између имплементације <i>BSC</i> и финансијских перформанси. Ово истраживање подложно је уобичајеним ограничењима анкетног истраживања и прикупљања података из секундарних извора. С обзиром да је анкетирање корисно у утврђивању повезаности а не узрочних односа између варијабли,</p>	<p>Свеобухватна анализа примене мултидимензионалних мерила перформанси открила је да су производне компаније највећи акценат ставиле на мерила која се односе на финансијску перспективу <i>BSC</i>, затим на купце, учење и раст, интерне пословне процесе и одрживост. Анализа односа између примене мултидимензионалних мерила перформанси и организационих фактора с ефективношћу открила је да примена ових мерила, као што је операционализовано у <i>BSC</i>, заједно с организационим факторима (подршком топ менаџмента и обуком) значајно је повезана с ефективношћу. Спроведеним истраживањем је</p>

	овакав приступ генерира потенцијалне претње везано за одговоре испитаника. Величина узорка била је мала и недовољна за неку озбиљнију статистичку анализу.	констатовано је да се не може користити ниједан појединачни критеријум за оцену ефикасности пословања свих посматраних српских предузећа и њихових менаџера, као и да ниједно финансијско мерило није у могућности да обухвати све аспекте ефикасности пословања.
Тајван <i>Lee, C.-L., &amp; Yang, H.-J. 2011, Organization structure, competition and performance measurement systems and their joint effects on performance, Management Accounting Research, 22, 84-104.</i>	Студијом су испитивани ефекти организационе структуре и конкуренције на дизајн система мерења перформанси и њихов заједнички утицај на перформансе, истичући да дизајн система мерења перформанси има две димензије: примену интегрисаних мерила у односу на четири перспективе BSC-а и фазе развоја система мерења перформанси. Испитивање је рађено на узorky који чини 25,19% фирми које се налазе на тајванској берзи.	Закључци студије указују на заједничке ефекте на перформансе предузећа. Конкретно, што је већи степен конкуренције, утолико је значајнија позитивна корелација између фаза развоја система мерења перформанси и перформанси.
<i>California State University, Fullerton, California, USA Ellen J. Dumond, 1994 "Making Best Use of Performance Measures and Information", International Journal of Operations &amp; Production Management, Vol. 14 Iss: 9, pp.16-31.</i>	Експериментална студија која је рађена на малом узорку. Истраживање је спроведено у контексту функције набавке, кроз лабораторијски експеримент, истражујући утицај мера перформанси, интеракцију с другим унутрашњим организацијама и приступ информацијама о спољним дешавањима на доношење одлука појединца и "ниво комфора".	Наведене две студије довеле су до нових позитивних ефеката као што су задовољство запослених и разумевање посла. Студије су показале да су предности BSC-а у томе што се може користити у предузећима у било којој привредној грани, али пословни циљеви морају бити прилагођени визији, стратегији, технологији и организационој култури предузећа.
<i>University of Padova, Italy Forza, C., Salvador, F. 2000. Assessing some distinctive dimensions of performance feedback information in high performing plants. International Journal of Operations &amp; Production Management, 20 (3), 359-385.</i>	Емпиријска студија рађена на међународном узорку од 164 производних организација.	

## 1.4 Методе истраживања

Ради што адекватнијег решавања проблема унапређења кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства, преточеног у научни задатак, при истраживању ће се користити већи број метода, техника и алата, од којих се издвајају:

- системски приступ;
- метод анкетирања;
- бенчмаркинг;
- метод документовања;
- статистички метод;
- метод регресионе анализе;
- метод класификације;
- метод рангирања;
- метод кластерованања;
- метод статистичког учења;
- *Box-Wilsonov* градијантни метод оптимизације;
- експериментални метод и
- *BSC* метод.

Обим и дубина примене ових метода варирала је у зависности од материје у сваком поглављу. У истраживању, за упоређивање кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства, коришћен је метод анкетирања испитаника путем технике упитника. Истраживање се може у првом делу дефинисати као емпиријско, јер је обављено непосредно посматрање изабраног сегмента из реалне околине и анализа прикупљених података у њему.

Употребљена је позитивистичка парадигма, која води до три степена истраживачког процеса: прикупљање података, након тога следи обрада и анализа и на крају је процес закључивања.[5] За прикупљање квантитативних података употребљен је метод анкетирања. Анкетни упитник обликован је тако да буде рационалан (за употребу и разумевање), темељит и поуздан, структуриран кроз питања, тако да његово попуњавање не захтева превише времена. У складу с захтевима начела емпиријског истраживања настојало се да се обезбеди што већа објективност прикупљених података. У погледу на временски опсег истраживање је ограничено само с једном временском тачком, дакле истраживање временског пресека, док са становишта изврности иде према истраживању с примарном применом, јер се базира на изворним емпиријским подацима.

Оно је прво истраживања на подручју Србије, у погледу утврђивања кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства. Истраживање је тако структурирано да омогућава поређење или могуће поновно извођење након одређеног времена.

С обзиром да производња и прерада основних материјала подразумева производњу свих метала, од гвожђа и челика до племенитих а како производња гвожђа и челика у систему има највеће учешће у грани и значајно је у привреди Србије, како по обиму производње тако, посебно, по висини и обиму спољнотрговинске размене у овој дисертацији истраживање је ограничено на ливнице које се баве ливењем гвожђа и челика. Истраживање је спроведено у шест српских ливница које се баве ливењем гвожђа и челика, чија производња представља 83,3% од укупне производње остварене у Србији (табела 2.1). На упитник су одговоре дале све српске ливнице обухваћене истраживањем а након тога су добијени резултати упоређени с резултатима оствареним у Русији и Европској унији као и с резултатима истраживања у свету која је спровела Светска банка.

Поред резултата добијених анкетирањем испитаника, у великој мери заступљени су методи аналитичког посматрања теоријских извора података као и њихова анализа и синтеза. У највећем делу коришћена је страна литература али и домаћа стручна литература. У истраживању поред класичне литературе умногоме су коришћене савремене информационе технологије, пре свега *web* сајтови, *e-literatura* и базе података с интернета (коришћене су базе података *koBSON*, *Scribd*, *EBSCO*, *Scindex*, *Google books*, *Singipedia*, итд.). Велики број информација добијен је директним контактима у ливачкој индустрији. За одређена истраживања и приказе примењено је практично искуство како великог броја запослених у ливачкој индустрији у Србији и свету тако и лично искуство аутора дисертације.

У циљу свеобухватног осврта на целокупну проблематику која у раду треба да буде приказана, употребљен је системски приступ. Да би се извршило поређење кључних индикатора перформанси пословања српских ливница с руским и европским ливницама коришћена је метода бенчмаркинга.

Након спроведених емпиријских истраживања ради утврђивања кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства спроведена су експериментална истраживања у циљу унапређења истих.

За интеграцију приказаних резултата с једним од циљева истраживања, у делу развоја и постављања адекватаног рачунарског *SVM* модела за оптимално легирање одливака отпорних на хабање и одређивање нивоа хабања наведене врсте одливака односно за оптимизацију и технолошка унапређења процеса ливења коришћен је *SVM machine learning* метод. *SVM machine learning* је метод који се заснива на теорији статистичког учења. Основна идеја овог алгоритма је да се у скупу коначног броја података уче релације (модел), који важе за тај скуп. Идентификацијом и учењем ових релација, *SVM* стиче особину генерализације, која заправо значи да ће алгоритам бити у стању да изврши прогнозирање (предикцију) над новим подацима генерисаним од стране истог извора. Очигледно, *SVM* захтева базу података која се састоји од коначног броја парова података.[6] У оквиру базе података уз сваки вектор улазних података који описују техничко-технолошке карактеристике одливака отпорних на хабање смешта се и измерени ниво хабања у процесу млевења. База података је добијена експерименталним мерењем нивоа хабања одливака отпорних на хабање одговарајућег хемијског састава и тврдоће и служи за тренирање алгоритма. Како не постоји једноставна и општа детерминистичка релација која функционално везује улазне карактеристике одливака с хабањем, за решавање описаног проблема изабрана је теорија статистичког учења. [7]

Задатак теорије статистичког учења је истраживање статистичке зависности између случајних променљивих при чему се извлачи што је могуће више информација из коначног скупа података. Развијен је велики број функција које се заснивају на *SVM* алгоритму (класификација, регресија, рангирање, кластеровање и др.) [7] За ову дисертацију од посебног значаја је функција регресије *SVR* где на основу реалне тренинг базе *SVR* алгоритам тренира своје параметре. Тако истрениран алгоритам ће се касније користити за процену нивоа хабања за неки нови хемијски састав и механичке карактеристике одливака отпорних на хабање. Такође, очекује се да се развијени модел успешно може користити за дефинисање оптималне количине хрома у легури течног метала за ливење флотационих кугли.

Још једна од теорија која ће бити примењена у дисертацији јесте општа теорије *Box-Wilsonovog* градијантног метода оптимизације. Овај метод се користи првенствено у случајевима када је поље шума (дисперзионо поље) у испитиваном процесу релативно мало и за утврђивање најповољнијих радних услова процеса преко идентификације градијантних линија или оптимално режимско-технолошких траса управљања процесом при непознатом облику функције циља (експериментално-статистичка оптимизација и управљање процесом на основу емпиријске повратне спреге). *Box-Wilsonov* метод употребљен је за оптимизацију параметара ливења одливака отпорних на хабање за успостављање зависности између параметара ливења: температуре ливења нискохромног белог ливеног гвожђа, времена држања лива у алату и протока течности за хлађење а самим тим и за унапређење кључних индикатора перформанси пословања ливница.

*Balanced Scorecard* је једна од новијих метода за мерење учинка (енг. *performance-measurement*) која постојећим мерилима финансијске успешности предузећа (енг. *scorecard*) додаје нове димензије. Основно полазиште код осмишљавања модела мерења учинка је да се осим финансијских укључе и нефинансијски фактори - циљеви, показатељи квалитета процеса и ресурса и мере које треба предузети за четири перспективе и то: финансијску перспективу, перспективу купца (корисника), перспективу интерних процеса и перспективу учења и развоја (људски ресурси). Овај метод примењен је при мерењу перформанси и имплементацији стратегије у српским ливницама.

## 1.5 Очекивани резултати

Основни очекивани допринос докторске дисертације је унапређење кључних индикатора перформанси пословања у српским ливницама на основу бенчмаркинга, познатих теоретских модела а кроз практичну проверу у ливницама. Усавршавањем добијеног модела и његовим тестирањем у реалним производним условима у српским ливницама могуће је утврдити ниво позиције српских ливница у односу на европске и руске ливнице и предложити квантификацију ефеката и унапређење кључних индикатора перформанси пословања у ливницама применом предложеног модела. Добијени резултати се могу користити у пракси за побољшање перформанси пословања ливница што би се одразило на смањење укупних оперативних трошкова кроз:

- побољшање употребе материјала;
- боље коришћење капацитета;
- бољу радну продуктивност;
- унапређење и оптимизацију технолошког процеса и
- унапређење организационог учења.

Начин обављеног истраживања и његове анализе омогућавају да се на истом принципу врше испитивања мањег узорка, како на нивоу једне ливнице, тако и на нивоу региона и на тај начин добити одговоре на постављена питања.

## **1.6 Оквирни садржај истраживања**

Садржај истраживања обухватио је следећа поглавља:

- 1. Увод** - у овом поглављу је дефинисан значај и циљ истраживања дисертације као и теоретска позадина истраживања. Представљене су полазне хипотезе уз основне дефиниције и објашњења појмова који су неопходни за разумевање проблема дисертације. Описане су методе и технике истраживања. На крају поглавља су дати очекивани резултати истраживања и садржај истраживања.
- 2. Стање ливница у Србији, Европској унији, Русији и свету** - ово поглавље даје преглед стања ливница у Србији, Европској унији, Русији и свету. Приказан је историјат развоја ливарства у Србији. Дефинисан је проблем и направљен план истраживања полазне хипотезе која се односи на кључне индикаторе перформанси пословања у српским ливницама и претпоставку да су они на нижем нивоу у односу на европске и руске ливнице. Формулисан је анкетни упитник и утврђени су извори података за спровођење анкетања. Утврђен је план прикупљања података, дефинисана је статистичка популација, јединица узорка, величина узорка, истраживачки инструмент, метод прикупљања и обраде података као и време спровођења анкетања у циљу доказивања полазне хипотезе.
- 3. Технолошки процеси у индустрији ливарства** - поглавље у којем су приказани сви трансформациони процеси у којима се улази (енергија, вода, улазни



материјали) претварају у излазе - производ/одливак кроз низ активности и под дејством низа фактора.

4. **Индикатори перформанси пословања у индустрији ливарства** - поглавље у којем се дефинишу сврха мерења и мере перформанси кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства. У овом поглављу извршена је идентификација и дефинисање параметара: процесни принос; ефикасност производње; искоришћеност опреме; потрошња енергије на топљењу; потрошња песка; потрошња воде; радна продуктивност, као и индикатори који се односе на заштиту животне средине и квалитет у индустрији ливарства на бази *BSC-a*.
5. **Бенчмаркинг - *KPI*** - у овом поглављу описан је бенчмаркинг метод. Како би се добили оквирни резултати о кључним индикаторима перформанси пословања ливница и показало како функционише систем мерења перформанси, спроведено је „пилот“ истраживање у ливници Гуча. Извршено је поређење кључних индикатора перформанси ливнице Гуча с кључним индикаторима ливница у Европској унији, Русији и свету. Након „пилот“ истраживања, по истој методологији спроведено је истраживање кључних индикатора перформанси пословања на нивоу српских ливница и извршено је њихово поређење с кључним индикаторима ливница у Европи и Русији.
6. ***BSC* концепт** - поглавље које се односи на хипотезу да се применом *BSC* метода исказује ефективност пословних процеса у ливницама, а на бази тога ниво организационог учења. У овом поглављу говори се о *BSC* концепту при мерењу перформанси базираном на четири перспективе. Размотрен је *BSC* концепт при мерењу перформанси и имплементацији стратегије у ливницама. Коришћењем софтвера *BSC DESINGER*, а на основу упитника, утврђени су кључни индикатори балансираних мерила перформанси пословања ливнице Гуча. Након утврђивања мерила перформанси, спровођењем „пилот“ истраживања у ливници Гуча утврђене су: финансијске перспективе, перспективе односа с купцима, перспективе интерних процеса и перспективе учења и раста. „Пилот“ истраживање послужило је да би се спровело истраживање о перспективама српских ливница и то за шест најзначајних

ливница у Србији. Испитан је утицај организационог учења у српским ливницама, као јединог трајног извора конкурентске предности компанија на тржишту, преко интерних процеса на финансијске перспективе ливница.

**7. Приступ унапређењу технолошког процеса (*DoE* - ефекти)** - Поглавље у којем је утврђен план спровођења експерименталних истраживања у циљу доказивања друге хипотезе која се односи на *SVM* модел и претпоставку да се он може успешно користити при унапређењу технолошких процеса у ливницама. Детаљно је описано извођење експеримента, испитивање тврдоће одливака - флотационих кугли и испитивање хемијског састава одливака. Експериментално је одређен ниво хабања одливака. Представљен је развијени *SVM* модел. Спроведене су тест и тренинг фазе а након тога и примена развијеног *SVM* модела у процесу легирања. Такође, у оквиру овог поглавља приказан је план спровођења експерименталних истраживања у циљу доказивања треће хипотезе која се односи на оптимизацију процеса ливења регресионом анализом примењеном на одливке отпорне на хабање. За постављену хипотезу извршена је разрада модела, извршен је избор и дефинисани су факторски нивои и утврђен је план експеримента. Направљена је матрица планирања експеримента. У оквиру спровођења експеримента извршен је избор експеримента а то је потпуни вишефакторни план експеримента који се још назива и метод површине реаговања или одзива. Урађен је пројекат експеримента и постављен је експериментални систем. Експеримент је извршен с умереном и тестираном контролном опремом уз дефинисане услове извођења. На крају је извршена обрада резултата и изведен је закључак.

**8. Резултати испитивања** - у оквиру овог поглавља приказани су резултати испитивања у складу с постављеним хипотезама. Снимањем стања у индустрији ливарства у Србији и упоређивање (бенчмаркинг) перформанси српских ливница с перформансама европских, руских и светских ливница утврђено је да су сви кључни индикатори перформанси пословања у српским ливницама на нижем нивоу у односу на европске и руске ливнице. Како би се утицало на унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства, на примеру

ливнице Гуча, спроведена су експериментална истраживања применом *SVM* метода и *Box-Wilsonovog metoda*. Резултати наведених примера и резултати добијени у процесу тестирања развијеног *SVM* модела показују да се исти може успешно применити за предикцију нивоа хабања флотационих кугли у процесу мљења руде бакра али и за дефинисање оптималне количине хрома у легури течног метала за ливење флотационих кугли. У другом експерименту применом *Box-Wilsonovog* метода, успостављена је зависност између параметара ливења: температуре ливења нискохромног белог ливеног гвожђа, масе кугле у алату, времена држања лива у алату и тврдоће одливака, односно извршена је оптимизација процеса ливења. Оптимизацијом процеса ливења постигнут је синергијски ефекат на кључне индикаторе перформанси пословања у индустрији ливарства. Да би се утврдила ефективност пословних процеса у ливницама примењен је *BSC* концепт. Коришћењем софтвера *BSC DESIGNER* извршено је мерење перформанси базирано на четири перспективе у шест српских ливница. Испитан је утицај организационог учења у српским ливницама, преко интерних процеса на финансијске перспективе ливница. Утврђена је линеарна зависност између нивоа знања и финансијске перспективе изражене преко стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит, у ливници Гуча за посматрани период 2005.-2013. година, методом вишеструке линеарне регресије.

**9. Закључак** - у овом поглавља представљена је анализа хипотеза, извршена на основу добијених резултата. Такође, дефинисани су правци будућих истраживања.

На крају дисертације дат је преглед библиографских података коришћених у истраживању у оквиру докторске дисертације. Као додатак дисертације дат је преглед прилога коришћених у истраживању у оквиру докторске дисертације. У прилогу дисертације [прилог 1] приложена је форма и изјаве анкетног упитника за одређивање кључних индикатора перформанси пословања за шест српских ливница и приложено је пропратно писмо (прилог 2). За потребе утврђивања линеарне зависности између нивоа знања, нивоа интерних процеса и финансијских перспектива приложени су подаци за ливницу Гуча у периоду 2005.-2013. година.[прилог 3]

## II СТАЊЕ ЛИВНИЦА У СРБИЈИ, ЕВРОПСКОЈ УНИЈИ, РУСИЈИ И СВЕТУ

*У другом поглављу које се бави поставком проблема истраживања дат је преглед стања ливница у Србији, ЕУ, Русији и свету. Приказан је историјат развоја ливарства у Србији.*

*Дефинисан је проблем кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства и направљен је план истраживања полазне хипотезе. Формулисан је анкетни упитник и утврђени су извори података за спровођење анкетања. Такође, направљен је план прикупљања података, дефинисана је статистичка популација, јединица узорка, величина узорка, истраживачки инструмент, метод прикупљања и обраде података као и време спровођења анкетања у циљу доказивања полазне хипотезе.*

### 2.1 Стање ливница у Србији

Српска ливачка индустрија већ дужи низ година суочава се с веома тешким условима пословања како у технолошком, материјалном тако и у кадровском смислу. Услед измењених политичких и економских околности дошло је до промена у привредном амбијенту. Отклањање баријера у пословању и међународно повезивање компанија свакако захтева значајне промене и у српским ливницама како би се што пре прилагодиле захтевима глобалног тржишта. На жалост, велики број српских ливница није успео да се прилагоди новим околностима и престале су с радом или су значајно смањиле обим пословања. [8,9]

Најсликовитији приказ стања и перспектива металске индустрије у Србији представља пример Америчког *US Stell*-а који је у новембру 2011. године Републици Србији пренео целокупно своје власништво на капиталу Железаре Смедерево (*US Stell Serbia*, бивши САРТИД) за укупну накнаду од 1 евро.

Историјски посматрано, према П. Петровићу, Србија из доба Обреновића, након ослобађања од Турака иако слаба и неука, имала је способност и визију да препозна индустријску производњу као потенцијал за опоравак и развој нације. Закорачила је скромно али одлучно у индустријализацију. Занатска производња замењена је процесом индустријализације. Створен је нови, моћнији организациони модел назван индустрија са центром српске индустрије у Крагујевцу. У овом граду сопственим знањем и за сопствене потребе изграђени су први индустријски производни погони. Октобра 1853. године одливени су први топови у тек изграђеној тополивници, а 1875. године изграђена је и монтирана прва српска ковачница за ковање у калупима.

У Паризу, 24. априла 1889. године приређена је Светска привредна изложба, на којој је Војнотехнички завод, настао од крагујевачких фабрика, изложио, захваљујући брзом технолошком развоју, четрдесет два производа од којих пет алатних машина, дело крагујевачких конструктора.[10] Тада покренут процес индустријског развоја имао је осцилација али континуирано траје до данашњих дана, више од 150 година. Индустријализација започета у Крагујевцу почела је да се шири као мрежа, равномерно, по скоро свим регионима Србије захватајући већа насељена места. Последица процеса индустријализације огледа се у развоју базне индустрије. У Смедереву, 1913. године, захваљујући погодној локацији за производњу жељеза, дунавском водном путу, сувоземном моравском путу и железничком коридору настаје прва српска железара САРТИД (Српско Акционарско Рударско-Топионичарско Индустријско Друштво). Радови на комплетирању производних постројења, заустављени Великим ратом завршавају се 1926. године отварањем прве српске челичане. Неколико година касније 1935. године у рад је пуштена топла ваљаоница танког лима, постројење за цинковање, а недуго затим у рад се пушта и Сименс-Мартинова пећ капацитета 20 тона као и ваљаоница челичних профила. Смедеревска железара, 1939. године, с годишњом производњом од 18.000 тона челичних полуфабриката које је произвело 900 радника железаре, сврстана је међу највеће железаре на Балкану. [10]

Изградњом и пуштањем у рад 1908. године ливнице жељеза и фабрике машина у Кикинди отпочиње се с производњом алатних машина. Дванаест година касније у истом граду пушта се у рад ливница сивог лива а 1932. године изграђена је ливница темпер лива.

Према подацима из 1989. године, индустрија Србије запошљавала је преко милион индустријских радника, одакле је долазила трећина прихода БДП-а. Након распада Социјалистичке Федеративне Републике Југославије, ратних дејстава, санкција и економске изолације земље, привреда а самим тим и индустрија Србије била је разорена. Након петооктобарских промена долази до масовне приватизације индустријских система што је у највећој мери за последицу имало њихово гашење и ликвидацију. Ликвидацијом готово свих великих компанија и моћних индустријских система или пак свођењем њихове производње на минимум, индустрија Србије за двадесет година изгубила је око 700.000 радних места што представља више од 2/3 индустријских радних места. Српска индустрија је готово нестала. [10] Поређења ради, до почетка деведесетих година прошлог века ливнице Србије су биле европски лидери, с годишњом производњом од 850.000 тона. [11] Данас, две деценије касније, српска ливачка индустрија суочена је с великим проблемима. Србија располаже с капацитетима од око 130.000 тона одливака а искоришћеност капацитета је 40%.

Након процеса приватизације два највећа произвођача одливака за аутомобилску индустрију ФОМ Прокупље и Кикиндска ливница, свели су сопствени асортиман на симболичан ниво. Капацитети ФОМ-а су 60.000 тона а кикиндске Ливнице око 30.000 тона одливака годишње. Такође, треба напоменути да су значајни произвођачи одливака Ливница а.д. Лесковац и Ливница а.д. Мачкатица у Сурдулици престале с радом. Према подацима Агенције за приватизацију Републике Србије велики број ливница налази се у реструктурирању и то: Ливница 14. октобар Крушевац, ФАП Ливница с надоградњом д.о.о. у Пријепољу, Концерн Фабрика вагона Краљево а.к.д. Ливница д.о.о., Ливница Топола а.д., Мајевица Ливница а.д., Лола Ливница – Пом д.о.о. Београд, готово све су обуставиле производњу. У Србији је све више занатских ливница с мање од 50 запослених и оне производе све већи део укупне количине одливака међу којима су најзначајније: Термовент СЦ ливница челика а.д. Бачка Топола, Литострој потисје д.о.о. Ада, Кокан самостална ливачка радња Лесковац, Крушик - прецизни лив а.д. Ваљево, Ливница Чобановић СЗР Војка, Лиграп д.о.о. Белосавци Топола, МИП - Ливница д.о.о. Ћуприја, Ливница Јанковић Младен самостална ливачка занатска радња Лесковац, МП ливачко производна радња Ниш, Металопром-лив д.о.о. Сталаћ, Ставрић ЗЛТР Власотинце, Ливница ЛМК СР Зрењанин.



Слика 2.1 Ливнице у Србији [12]

Веома је мали број ливница које су успешно приватизоване и које су наставиле с константним технолошким осавремењавањем, повећањем производње и проширењем производног програма. По успешном пословању издвајају се ливнице Концерна „Фармаком МБ“ Шабац - Индустрijски комбинат „Гуча“ а.д. Гуча која је у 2013. години одлила 18.000 тона/добрих одливака и Ливница „Пожега“ која је у 2013.години одлила 3.000 тона/добрих одливака. Међутим, почетком 2014.године и ове ливнице улазе у проблеме с ликвидношћу што за последицу има смањење обима производње.Такође, ливница а.д. "Радијатор" Зрењанин након приватизације увођењем полуаутоматске линије за калуповање и осавремењавањем технолошког процеса знатно је повећала обим производње који тренутно износи 18.000 тона одливака годишње. Као по обичају и ова

ливница почетком 2014. године улази у финансијске проблеме, па се може констатовати да у Србији готово да нема ни једне веће ливнице која успешно послује.

Табела 2.1 Преглед ливница у Србији с пројектованим и оствареним капацитетима у 2013.год.

<b>Ливница</b>	<b>Пројектовани капацитет [t]</b>	<b>Остварени капацитет [t]</b>
<i>Cimos</i> Ливница Кикинда а.д.	30.000	3.000
Концерн „Фармаком МБ“ Шабац - Индустијски комбинат „ Гуча“ а.д. Гуча	25.000	18.000
„Радијатор“ а.д. Зрењанин	23.500	18.000
Ливница Мачкатица а.д. Сурдулица	12.000	0
Јединство Ливница Пожега д.о.о.	11.000	3.000
Лола Ливница - Семп д.о.о. Железник	4.200	900
Аутфлекс ливница д.о.о. Чока	4.000	4.000
Ливница Топола а.д. у реструктурирању	3.360	960
Ливница. Љиг а.д.	3.000	2.000
ФАП ливница д.о.о. с надоградњом у реструктурирању Пријеполје	1.500	0
Концерн ФВК а.д. Ливница Краљево д.о.о.	1.000	700
Мајевица ливница а.д.	600	400
Потисје прецизни лив а.д. Ада	100	80
„ИМР“ Раковица Ливница а.д.	9.500	1.000
КОПЕКС МИН-ЛИВ а.д. Ниш	3.000	2.500

Узимајући у обзир законску регулативу која се једним својим делом односи на ливнице црне и обојене металургије, Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине (“Службени гласник РС”, број 135/04), Уредбу о врстама активности и постројења за које се издаје интегрисана дозвола (“Службени гласник РС”, број 84/05), Уредбу о садржини програма мера прилагођавања рада постројења или активности прописаним условима („Службени гласник РС“, број 84/2005), транспоновану Директиву 96/61/ЕС од 26. септембра 1996. год., замењену директивом 2008/1/ЕС од 15. јануара 2008.год., као и Директиву 2010/75/EU о индустријским емисијама од 17. децембра 2010.год. и *BAT - Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry* из маја 2005.год., лако је уочити низ препрека с којим ће се поред свих



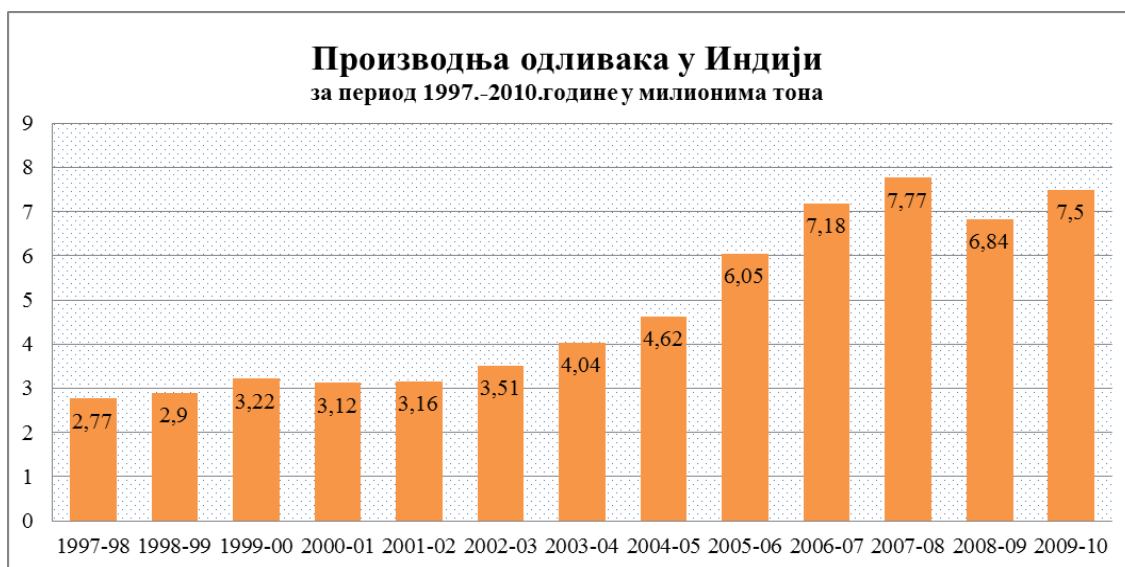
напред наведених проблема, суочити српске ливнице при интеграцији Републике Србије у Европску унију.

Сумирајући узроке насталих проблема који претходних година оптерећују индустрију ливарства у Србији поред поменутих транзиционих проблема и проблема приватизације свакако треба поменути и проблеме настале услед застареле опреме и технологија у фабрикама али и на институтима и факултетима, недостатак финансијских средстава повезан с неповољним банкарским кредитима и каматама, што за последицу има недовољно улагање у развој, опрему и кадрове, уз слабо организован маркетинг и недефинисану политику извоза имамо неконкурентну индустрију ливарства у погледу цене и квалитета на глобалном тржишту. Како наводи Манасијевић и др. у будућности од ливница у Србији захтева се прилагођавање глобалном тржишту уз повећање техничких способности и економске ефикасности кроз рационализацију и оптимизацију производње како би се задовољила растућа очекивања купаца у погледу квалитета, краћег времена реализације производа, мањих серија, с нижим и конкурентним ценама.[13] Све напред наведене препреке а свакако и проблеми с којима се сусрећу ливнице у Србији указују на то да само оне ливнице које буду правовремено извршиле одговарајуће брзе како технолошке тако и менаџерске промене могу опстати на тржишту. Наши менаџери као да ништа нису научили из прошлости. У ливачкој индустрији и уопште у индустрији поступали су као менаџери у *SAD* пре више од четрдесет година. Тежили су повећању капацитета по сваку цену уз минимално и неопходно одржавање опреме. Форсирано је повећање капацитета на рачун производности, повећаног утрошка енергије, загађења животне средине, наравно на уштрб квалитета, односно уз велики шкарт. Овакав концепт довео је америчке компаније у врло незавидну ситуацију у односу на конкуренцију а нашу привреду, тачније ливачку индустрију, овакав концепт довео је пред банкрот.[14]

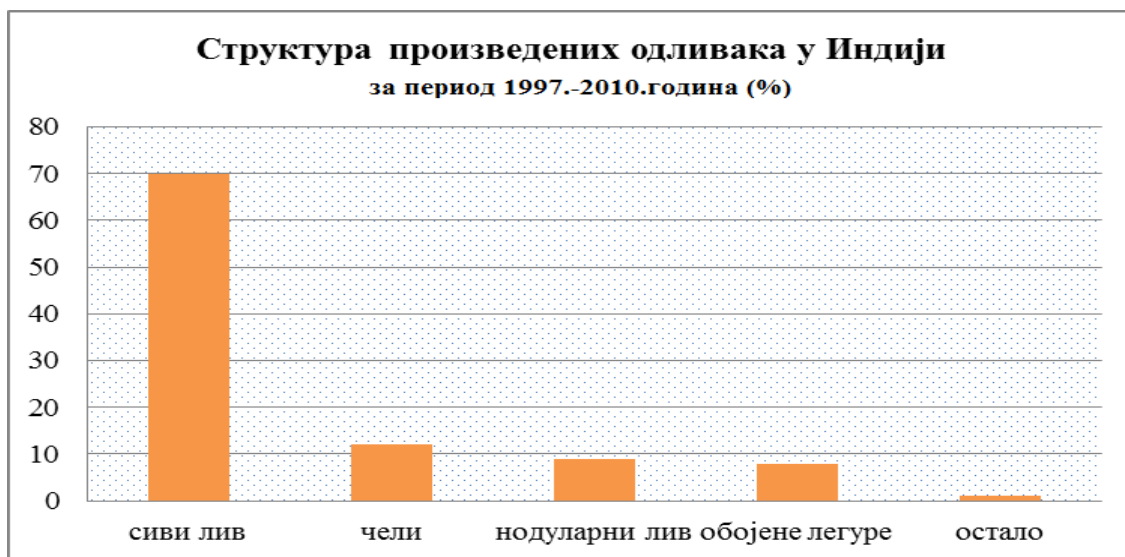
## **2.2 Стање ливница у Европској унији, Русији и свету**

Стање ливачке индустрије нешто је другачије свету. Кина је највећи светски произвођач одливака у свету и чини око 44% светске производње, [15,16] међутим, према начину ливења Кина не спада у моћне и развијене земље света. Развијене земље ливачку индустрију учиниле су јаком применом напредних ливачких технологија. Кина управо из

ових разлога заостаје за развијеним земљама (Сједињене Америчке Државе и Јапан) па чак и за новоиндустријализованим и земљама у развоју као што су Бразил и Индија. [17,18] Одмах иза Кине по производњи одливака је Индија, чија је производња достигла 7,44 милиона тона током 2009.-10. године, што представља повећање од 2,77 милиона тона у односу на период 1997.-98. године. Раст производње одливака у последњих 12 година износи невероватних 168%. Тренд раста у производњи одливака у Индији од 1997. до 2010. године приказан је на слици 2.2 а на слици 2.3 структура производње одливака у Индији за исти период. [19]



Слика 2.2 Тренд раста у производњи одливака у Индији у периоду 1997. - 2010. година [19]



Слика 2.3 Структура произведених одливака у Индији у периоду 1997. - 2010. година [19]

Европска ливачка индустрија је трећа по величини у свету када се говори о ливницама црних метала и друга за ливнице обојених метала. Годишња производња одливака у проширеној Европској унији достиже 11,7 милиона тона црних и 2,8 милиона тона обојених одливака. [20]

Немачка, Француска и Италија су три водеће земље произвођачи у Европи с укупном годишњом производњом од преко два милиона тона одливака по држави. У последњих неколико година, Шпанија је преузела четврто место од Велике Британије, а обе државе имају по преко милион тона произведених одливака. Заједно, водећих пет земаља чине више од 80% укупне европске производње. Мада је производни обим релативно стабилан у последњих неколико година, дошло је до пада укупног броја ливница (сада их има укупно око 3000), што се одразило и на запосленост (сада броји укупно око 260000 запослених). То се може објаснити прогресивним побољшањем и аутоматизацијом у ливничким постројењима. [20]

*Међутим, ливачка индустрија је првенствено индустрија малих и средњих предузећа, где 80% предузећа запошљава мање од 250 људи. Основна тржишта која опслужује ливачка индустрија су сектори аутомобилске индустрије (50% удела на тржишту), затим општег инжињеринга (30%) и грађевинарства (10%). Све већа тенденција аутомобилске индустрија за производњом лаганих возила одразила се на пораст потражње за одливцима од алуминијума и магнезијума. Док одливци од гвожђа углавном (тј. >60%) иду у аутомобилски сектор, одливци од челика своје место налазе у сектору грађевинарства и производње механизације и вентила. [20]*

У овој дисертацији посебан акценат биће на поређењу српске ливачке индустрије с руском, европском и светском ливачком индустријом.

## **2.3 Дефинисање проблема**

Да би се утврдило стање српске ливачке индустрије веома је важно имати могућност измерити параметре који дефинишу успешност пословања у оквиру овог сектора. Важан део контроле управљачких активности на основу којих се може утврдити положај српске

ливачке индустрије у односу на руску и европску јесте мерење кључних индикатора перформанси.

Перформансе према Душану Вујовићу представљају: „*утврђивање циљаних вредности кључних параметара (у овом случају перформанси пословања ливница) поређењем нумеричких вредности одређених (кључних) индикатора с одговарајућим међународним просеком (у земљама с којима се поређење врши) или најбољом међународном праксом*“.[21]

Дефинисањем процеса мерења перформанси могу се утврдити најбитнији фактори који утичу на перформансе. Мерење према Пешаљевићу представља: „*скуп радњи са циљем утврђивања вредности неке величине*“.[22]

Мерење перформанси представља део управљачког система и она је у функцији контроле резултата. Контрола је саставни део процеса управљања а контрола резултата је један од многобројних врста контроле које се у организацији користе.[23]

Једна од дефиниција аутора који су се бавили системом мерења перформанси гласи: „*систем за мерење перформанси (PMS – Performance Measurement System) дефинише се као скуп метрика коришћених да се квантификују ефикасност и ефективност акције (скуп структурираних мера перформанси и асоцираних процеса, који дефинише како менаџмент користи мере перформанси у циљу управљања перформансама организације и система менаџмента)*“.[24]

Борн (*Bourne*) је разматрао дефинисање мерења, мера и система мерења перформанси које се односе на ефикасност и ефективност:

- „*Мерење перформанси се може дефинисати као процес квантификације ефикасности и ефективности деловања*“;
- „*Мере перформанси се могу дефинисати као метрика која се користи да квантификујемо ефикасност и/или ефективност акције*“;

- „Системи мерења перформанси могу се дефинисати као скуп показатеља који се користе да се квантификује ефикасност и ефективност деловања“.[25]

Килибарда за метрику каже: „метрика мора бити јасна, прецизна, с дефинисаним методама, изворима података и временским периодима“.[26]

Анализирајући наведене дефиниције може се закључити да су оне прецизне али и уопштене, не улазе у суштину и не показују функцију мера перформанси, мерења перформанси и система мерења перформанси.

Мерење перформанси подразумева доношење одређених одлука и предузимање одређених активности и то:[26]

- утврђивање кључних индикатора као и одређивање онога шта ће се мерити;
- идентификовање извора података о перформансама;
- прикупљање података о перформансама и
- прецизирање начина мерења.

Као што је у претходним дефиницијам наведено, мерење перформанси дефинише се као, утврђивање вредности перформансе, односно, мерење вредности његовог учинка или успеха. Међутим, чак и најбољи менаџмент перформансама пружа само информације, али не може донети одлуку уместо руководиоца.[27] Ипак, када се говори о о сврси мерења перформанси процеса, свакако један од најбољих одговор дао је *Karl Hahn*, својевремено генерални менаџер *Folksvagena*, рекавши да се не може побољшати, оно што се не мери и да се не може мерити оно што се не види.[28]

Дакле, суштина проблема, односно истраживачко питање ове дисертације гласи:

на којем су нивоу кључни индикатори перформанси пословања у српским ливницама у односу на руске и европске ливнице и на који начин се исти могу унапредити како би се повећала ефективност пословних процеса?

## 2.4 План спровођења истраживања ради доказивања хипотезе I

### 2.4.1 Формулисање анкетног упитника

За потребе утврђивања кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства примењиван је инструмент у облику упитника. Анализирајући теоријске изворе о кључним индикаторима перформанси, узимајући у обзир како савремене тако и традиционалне ауторе одређене су примарне области на основу којих је формиран упитник с питањима чији одговори доводе до могућности обраде жељених података и добијања потребних резултата.

Анкета (анкетни упитник) је један интеракцијски однос између испитивача и испитаника путем писано постављених питања, на која се одговара анонимно или јавно (случај у овом истраживању), зависно од врсте анкете. Применом анкетне методе на узорку (циљној групи) бележи се утицај сваког идентификованог фактора на циљ (циљеве) истраживања.[29]

*„Анкета представља најраширенију методу прикупљања података, а од средине 19. века па до данашњих дана прошла је дуг развојни пут, током којег је њена вредност била оспоравана. Разлог томе је појава великог броја разних псеудоанкета које компромитују научну вредност те методе“.*[30]

Формулисање анкетног упитника се одвијало кроз:

- израду нацрта анкетног листа;
- преиспитивање, анализу и поређење с анкетама из сличних истраживања и
- коначно формулисање анкетног упитника.

Као основ за формирање упитника коришћен је упитник израђен за слична истраживања која је спровела Међународна финансијска корпорација (IFC), чланица Групације Светске банке у Русији и Европи.

Непосредно искуство у коришћењу упитника аутор ове дисертације је стекао као члан тима Индустијског комбината „Гуча“ који је у септембру 2011. године припремио и представио планове за решавање главних еколошких и социјалних питања ради усклађивања Пројекта Међународне финансијске корпорације (*IFC*), чланице групације Светске банке с еколошким и социјалним захтевима – законима и прописима Републике Србије и социјалним и еколошким стандардима учинка *IFC*-а и смерницама групе Светске банке (*WBG*) за заштиту животне средине, здравља и безбедности (*EHS*). Упитником су обухваћена питања која се односе на кључне индикаторе перформанси пословања у индустрији ливарства.

Упитник се састоји из два дела, првог који се односи на питања која су важна за прикупљање података који су неопходни за израчунавање *KPI* о ресурсној ефикасности у ливници и то:

- процесног приноса;
- ефикасности производње;
- искоришћености опреме;
- потрошње енергије;
- потрошње песка;
- потрошње воде и
- радне продуктивности,

и другог дела упитника који се састоји из: питања значајних за сакупљање података ради омогућавања поређења *KPI* у истим ливницама, података о поседовању сертификата система менаџмента, *EMAS* сертификата, *IPPC* дозволе као и података који се односе на *BSC* перспективе и то:

- финансијске перспективе,
- перспективе односа према купцима,
- перспективе интерних пословних процеса у организацији и
- перспективе учења и раста.

Циљ упитника је да утврди кључне индикаторе перформанси пословања ливница с акцентом на српске ливнице и њихове могућности достизања најбоље доступних техника за производне процесе и процесе рада у односу на релевантне стандарде светске класе. Форма коришћеног анкетног упитника и изјаве приложени су у Прилогу дисертације./Прилог 1/

## **2.4.2 Извори података**

Примарне изворе података о српској ливачкој индустрији представљају подаци Привредне коморе Србије. Такође изворе података о српској ливачкој индустрији представљају и подаци из финансијских и извештаја о пословању ливница, записници о преиспитивању од стране руководства за дате ливнице, али и лична сазнања аутора ове дисертације као и сазнања анкетираних представника ливница. Непостојање јединствене (целовите) базе о српској ливачкој индустрији, представљало је ограничење при истраживању. Остали извори података су подаци Агенције за приватизацију.

## **2.4.3 Спровођење анкета**

Користећи регистре извора података издвојене су ливнице које се баве црном металургијом, и *e-mail*-ом је послат анкетни упитник. Скуп питања (у анкети) који је упућен организацијама (друштвима) садржао је и пропратно писмо (Прилог 2) које је објаснило истраживање и његов значај, као и потребу организације да одговори на питања, и констатацију да ће се одговори третирају као поверљиви и неће се злоупотребљавати. Због очекиваног мањег одзива, уследило је поново слање *e-mail*-а. За слање упитника коришћена су познанства преко пословних партнера, а коришћена су и лична познанства.

На крају, ради што свеобухватнијег завршетка истраживања, спроведено је и телефонско контактирање и обилазак појединих друштава (водећи рачуна да се у извесном смислу постигне да највеће српске ливнице према производним капацитетима буду заступљене). Реализација плана прикупљања анкета (података) дата је у табели 2.2, стопа одзива је била 100%.



*Табела 2.2 Реализација плана прикупљања података*

<b>Статистичка популација:</b>	<b>Ливнице црне металургије у Србији (ливење гвожђа и челика).</b>
<b>Јединица узорка:</b>	<b>Појединачно друштво (из ливачке индустрије).</b>
<b>Величина узорка:</b>	<b>Планирано: минимум 6 ливница; Остварено: 6 јединица (ливница).</b>
<b>Истраживачки инструмент:</b>	<b>Структурирани анкетни упитник.</b>
<b>Метода прикупљања података:</b>	<b>Коришћењем савремених информационих технологија (<i>e-mail</i>) као и личним контактима и контактима преко пословних партнера.</b>
<b>Метода обраде података:</b>	<b>Статистичка обрада.</b>
<b>Време спровођења анкетирања:</b>	<b>Септембар 2011.год. – септембар 2014.год.</b>

Након утврђивања кључних индикатора извршено је упоређивање (бенчмаркинг) перформанси српских ливница које су повезане с ефикасношћу ресурса с перформансама европских и руских ливница. Циљна група за истраживање су, ливнице која послују и чије је седиште на територији Републике Србије а које имају највећи удео у укупној производњи одливака у Србији. Пре почетка истраживања на нивоу Србије, у циљу добијања што прецизнијих резултата на нивоу српске ливачке индустрије спроведено је „пилот“ истраживање у ливници Гуча које је требало да прикаже оквирне резултате на нивоу једне ливнице и покаже како функционише цео систем анализе. С обзиром на остварену производњу од 18.000 тона у 2012. години, што чини око 33% укупне производње српских ливница, узимајући у обзир чињеницу да је технолошка опрема на нивоу других ливница у Србији а у неким сегментима као што је припрема песка и аутоматска опрема за ливење, на вишем технолошком нивоу, може се сматрати да ливница у Гучи представља репрезентативну српску ливницу. Методологија која је коришћена ради утврђивања нивоа кључних индикатора перформанси пословања у ливници Гуча после „пилот“ пројекта била је идентична методологији коришћеној код осталих српских ливница што указује на употребљивост осмишљене методологије на нивоу једне ливнице. Идеја „пилот“ истраживања била је да се види како читав поступак истраживања функционише, којег облика ће бити добијени резултати, да ли постоје евентуалне неусаглашености у поставци истраживања које се могу одразити на ток анализе и истраживања, који су фактори запостављени у анализи, која питања су у упитнику битна а која не и слично. Након добијања резултата „пилот“ истраживања, кориговања упитника и принципа истраживања, крајњи упитници су послати српским ливницама.

### III ТЕХНОЛОШКИ ПРОЦЕСИ У ИНДУСТРИЈИ ЛИВАРСТВА

У трећем поглављу приказани су сви трансформациони процеси којим се улази (енергија, вода, улазни материјали) претварају у излаз производ/одливак кроз низ активности и под дејством низа фактора.

Узимајући у обзир податке о најбољој доступној техници (ВАТ) које оператер постројења примењује или планира да примени ради смањења загађења приказани су процеси: пријема улазних сировина и материјала, припреме материјала, топљења материјала у пећима и припрема за ливење, израде алата, израде калупа и припреме песка, ливења, истресања одливака и финалне обраде одливака.

Наведени процеси су приказани узимајући у обзир анализу BREF докумената и упоређивање постојећег стања, на терену с BREF препорукама уз предлог за унапређење, тамо где је то неопходно, и на основу израде захтева за издавање интегрисане (IPPC) дозволе, који се односи на коришћење најбољих доступних техника у производњи сивог, челичног и нодуларног лива, и који подразумева опис постројења, производног процеса и процеса рада, податке о најбољој доступној техници која је коришћена за процену процеса, као и упоређивање процеса које се обавља у односу на релевантни ВАТ.

Трансформациони процес којим се улаз (енергија, вода, улазни материјал) претвара у излазе (производ) одвија се кроз низ активности и под дејством низа фактора. На слици 3.1 је приказана карта процеса у ливници. За реализацију процеса у ливницама, као у осталом и свих процеса, неопходни су одговарајући ресурси.[31]



Слика 3.1 Карта процеса у ливници, модификовано према [31]

Како ливарство од настанка људске цивилизације има велики утицај на развој друштва тако су и различити аутори кроз историју из различитих углова описивали технолошке процесе у овој грани индустрије.

Узимајући у обзир законску регулативу која се једним својим делом односи на ливнице црне и обојене металургије, пре свега Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине (“Службени гласник РС”, број 135/04) и остале подзаконске акте и међународне директиве, аутор ове дисертације је сматрао да се управо из угла наведене законске регулативе може дати један нови поглед на технолошке процесе у ливницама.

### **3.1 Процес пријема улазних сировина и материјала**

Приликом пријема и чувања сировина у ливницама, неопходно је водити рачуна о томе да се сировине сортирају према квалитету као и да се складиште и одржавају у оптималним условима. Уколико је изводљиво, треба планирати у склопу ливнице успостављање рециклажног центра који ће додатно подићи ниво квалитета улазног материјала (металног лома). У оквиру рециклажног центра секундарних сировина могу се обављати следеће операције: допрема и истовар у оквиру складишта, разврставање и сортирање сировина, резање металних предмета, прикупљање припремљених сировина и складиштење у контејнере испод надстрешнице, отпрема припремљених сировина у погон топионице на даљу прераду. Складиштење улазних материјала треба да буде адекватно (наткривен простор, селекција улазних материјала, сортирање према величини и додатна механичка припрема где је то потребно). Сви уређаји и машине које раде у припреми калупарских маса везано с кружењем масе у целом систему требало би да раде у аутоматском циклусу.

Свакако, посебну пажњу треба посветити складиштењу запаљивих течности и течних гасова, који морају да се складиште у посебним објектима изграђеним по свим важећим прописима за ту намену. Бурад с течностима морају бити груписана у одређеним групама према запаљивости, с међусобним растојањем од 2m. Боце с гасовима морају бити смештене у одређене боксове у зависности од врсте и количине. С обзиром да се у ливницама за процес синтеровања [32] користи  $CO_2$ , као и дизел гориво за транспортна

средства, свакако би се знатне уштеде постигле изградњом гасификационе станице за  $CO_2$ , као и подземног резервоара за  $D_2$  и еводизел. [33]

Неопходно је и поседовање складишта опасних материја уз спровођење свих потребних мера безбедности у складу с применљивим техничким прописима. Приликом складиштења опасних материја, посебно се води рачуна да се оне складиште на правилан начин, у складу с одговарајућим безбедносним листовима (да се некомпатибилни материјали не држе заједно). Неопходно је да на лицу места (тамо где је то потребно, у складу с безбедносним листовима) буду обезбеђена сва одговарајућа средства за прикупљање просуте течности. Опасне материје се морају држати закључане. У свакој ливници посебна пажња мора се посветити раздвајању и сортирању отпада. Успостављањем одговарајућих процедура за управљање отпадом и опасним материјама, као и кроз план управљања отпадом, треба дефинисати начин поступања с отпадом. [34,35,36,37] Приликом набавке сировина и помоћних материјала, када год је то могуће, тежити да се материјал наручује у већим паковањима (контејнери, камиони-цистерне, џамбо вреће), а када постоје услови за то, робу наручивати у повратној амбалажи.

## **3.2 Процес припреме материјала**

Пуњење пећи у ливницама се по правилу врши ручно мада треба тежити аутоматизацији процеса. Материјал се мора посебно и пажљиво обрађивати, тежити да се искључиво користи чист материјал, што мање кородирао, да нема високолегираних челика: поготово не челика с високим процентом мангана. По правилу треба бирати што је више могуће крупније комаде од сивог и машинског лива при чему треба водити рачуна да најмање 40% уложеног материјала буде у крупнијим комадима /приближан пречник или просторна дијагонала требало би да буде већа од 200mm. Уколико се не располаже с оваквом шаржом морају се претходно припремити стартни блокови, изливени од сивог лива. Током поступка се мора обавезно вршити мониторинг процеса (мерење одговарајућих параметара) и у складу с тим, вршити корекције тамо где је то потребно (мерење температуре ливења и контрола хемијског састава лива).[34,36]

Свака ливница треба да тежи интерној рециклажи једног дела отпадног метала из процеса (додатак у метал за топљење, у случају да задовољава по квалитету). Процентуално учешће повратног материјала износи 20-40% у зависности од материјала (сиви лив: 20%, нодуларни лив: 30%, челици: 40%).

### **3.3 Процес топљења материјала у пећима и припрема за ливење**

У ливницама челик се може топити како у електро-лучним пећима, тако и у индукционим пећима. Избор између различитих типова пећи се заснива на техничким критеријумима (нпр. капацитет, врста/класа челика). Због прерађивачких перформанси које поседују електро-лучне пећи омогућавају топљење нижих класа металног лома. Ово представља предност у односу на мање захтевну припрему металног лома, али захтева одговарајуће праћење димних гасова и систем за пречишћавање.[38] За топљење ливеног гвожђа, могу се користити куполне пећи, електро-лучне пећи, индукционе и ротационе пећи.[34,37] Веома често се за чување и одржавање лива на адекватној температури користе индукциони рецептори. Развојем топљења у електро-индукционим пећима прошириле су се могућности коришћења различитих сировина за топљење. Пошто се у течно купатило директно шаржира, то су могуће мање и веће експлозије изазване присуством влаге и органских нечистоћа које се уносе с материјалом. Овај проблем се решава сушењем шарже а у последње време предгревањем које решава наведени проблем, такође и повећава капацитет топионичких агрегата. У основи процеса предгревања јавља се потреба загревања шарже на температуре од 350-700°C. Ово загревање је потребно извршити у што краћем временском периоду, јер је у пракси доказано да се дугим временом грејања шарже увећава степен оксидисаности материјала који се загрева. Процес предгревања шарже праћен је следећим предностима:

- смањује се потрошња електричне енергије (око 120 kWh/t код загревања на 600°C);
- побољшавају се услови рада у топионици;
- повећава се капацитет електро-индукционих пећи за око 20%;

- продужава се време трајања облоге пећи и обезбеђују се бољи услови безбедности и здравља на раду при топљењу;
- умањује се могућност уношења извесних нечистоћа.

Предгревање шарже изводи се у складу с режимом рада топионичких агрегата. Материјал који се шаржира у индукциону пећ може бити предгреван на два начина:

- у контејнерима где се шаржа греје помоћу бренера и
- у проточној пећи где шаржа у растреситом стању на вибро транспортеру пролази кроз пећ.

Технолошки режим рада у топионици преузет је из Технолошког пројекта Ливнице сивог лива у Гучи који је израдо Технолошко-метарлушки факултет Универзитета у Београду 1978. године, и он је следећи:

- после набијања пећи масом за израду облоге у пећ се стављају стартни блокови за прво топљење код пуштања пећи у рад,
- прво загревање пећи је лагано и пораст температуре се креће око  $100^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ,
- пошто се истопе стартни блокови почиње се са шаржирањем предгрејаног металног улошка. Кад је пећ напуњена течним металом који је загрејан на одређену температуру пећ се празни за  $1/3$  садржаја, у лонац за трансфер лива,
- шаржирање чврстог улошка изводи се тако што се компоненте шарже односе из бункера за сортирање мостном дизалицом с магнетом до ваге за одмеравање која је у склопу уређаја за предгревање шарже,
- после предгревања шарже се контејнером преноси до пећи за топљење и отварањем дна контејнера шаржа се испушта у пећ за топљење,
- пре убацивања шарже у пећ се убацује одређена количина средстава за наугљеничавање и легирање,
- после стапања целокупне шарже одстрањује се шљака с површине течног метала и узима се узорак за хемијску анализу ради одређивања корективних количина легирајућих елемената,
- након коначног долегиравања, лив се предгреје на температуру од око  $1500^{\circ}\text{C}$ ,

- кад је закључено да је хемијски састав лива одговарајући и да је температура задовољавајућа, лив се излива у лонце за трансфер, помоћу којих се лив преноси до рисивера. У рисиверу се лив скупља из свих пећи у току све три смене, а нарочито у току треће смене. Овде се лив само хомогенизира и догрева до одређене температуре,
- према потреби из рисивера лив се излива у лонце помоћу којих се преноси до ливнице и излива у прихватну пећ, транспорт лива се врши помоћу монореја на којем је окачен лонац с кабином за управљање.[39]

### 3.4 Процес израде алата

Приликом израде алата који се користе при изради ливачких калупа препоручује се примена *CAD* и *CAM* технологија (израда на *CNC* машинама)[40]. Пре приступа непосредној изради алата ове технологије омогућују да се врши симулација технолошког процеса. Након симулације процеса (брзина ливења, време очвршћавања, појава лункера и др.), а у случају појаве грешке у одливку могуће је дефинисати узроке грешке. Ако су грешке у технологији ливења, неопходно је поправити технологију ливења, а ако су грешке последица конструкционог облика алата иста се конструкционо мења. Након ове активности алат се израђује на *CNC* машинама за конструисање (*Solid Works* као *3D CAD* софтвер). Примена информационих технологија и виртуелне израде одливака, поред скраћивања времена освајања производа и смањења трошкова производње, омогућује и производњу квалитетнијих одливака у првом покушају. Применом компјутерске симулације ливења битно се утиче на продуктивност, количину шкарта и утрошак енергије по килограму одливка.[34,35] За процесирање ливења пожељно је коришћење софтверског система *MAGMASoft*, који је компатибилан са *Solid Works*-ом, *Solid CAM*-ом и сличним софтверима.

### 3.5 Процес израде калупа и припрема песка

За припрему песка и калупа најефикасније је да се обезбеди континуални, аутоматски систем за регенерацију и припрему песка (станица за припрему песка). Истрошена калупарска маса се меша са свежим количинама новог песка, додају се и остале

компоненте за припрему калупарске масе и након више фаза, прелази у део процеса за израду калупа. Свежи песак служи за освежење масе. Његова процентуална потрошња зависи од технологије ливења и износи 2-6% количине повратне масе. Уколико се отпадни ливачки песак не регенерише, у аутоматском постројењу за припрему песка, може представљати велики проблем власницима ливница. Ливење у једнократним калупима обухвата производњу пешчаних калупа с бентонитном мешавином или неком другом везивном хемикалијом и производњу пешчаних језгара с хемикалијама као везивним средством. У складу са тежњом за смањење отпада и његовим трајним одлагањем примарна је регенерација бентонитне мешавине. У вези с применом најбоље доступних техника су и односи регенерације песка који се крећу у границама од 90-94% па чак и до 98%. Уливањем, хлађењем и истресањем из калупа настају емисије прашине, испаравања органских једињења и други органски продукти. Најбоље доступне технике предвиђају затворено уливање и хлађење и омогућавају екстракцију издува за серијске линије, за ливење као и затварање опреме за истресање из калупа и третирање издувних гасова влажним или сувим одстрањивањем прашине. Због различите природе процеса, производња одливака у трајним калупима захтева другачију усмереност по питању заштите животне средине у односу на ливење у једнократним калупима. Као медијум користи се вода. Емисије у ваздух се јављају у виду уљане магле а не као код једнократних калупа у виду прашине и продуката сагоревања.[34,35] У пракси, потребно је да у ливницама буде инсталиран континуални, аутоматски систем за регенерацију и припрему песка. Истрошену калупарску масу треба мешати са свежим количинама новог песка уз додавање осталих компоненти за припрему калупарске масе и након више фаза, треба прећи у део процеса израде калупа. Свежи песак треба да служи за освежење масе. Његова процентуална потрошња зависи од технологије ливења и износи 2-6% количине повратне масе.

### **3.6 Процес ливења**

Процес ливења подразумева употребу, потрошњу, комбинацију и мешање различитих врста материјала. Најбоље доступне технике у индустрији ливарства захтевају од ливница смањење потрошње сировина и поспешују сакупљање и рециклажу остатака. [34,37]



Процес ливења, при аутоматском ливењу, се састоји из:

- транспорта течног гвожђа изливеног из пећи за топљење;
- уливања течног гвожђа у ливну пећ;
- припреме калупне мешавине у аутоматском постројењу припреме песка;
- транспорта калупне мешавине до калупарске машине;
- израде калупа;
- ливења у калупе помоћу ливне пећи;
- транспорта и хлађења калупа с одливеним комплетима (одливци с уливним системом);
- истресања одливених комплекта;
- транспорта истрешене (повратне) калупне мешавине назад у одељење припреме песка а одливених комплекта у одељење чистионице;
- чишћења (пескарења) одливених комплекта у проточном уређају;
- одламања делова уливног система;
- брушења, обрубљивања и по потреби брушења одливака;
- контроле одливака, паковања и отпреме.

Овако постављен производни процес ливења који се предлаже за примену потпуно је аутоматизован и погодан за производњу одливака од сивог и нодуларног лива у великим серијама. Најважнији уређаји (интезивна мешалица за припрему калупне мешавине, машина за израду калупа и ливна пећ) раде у аутоматском режиму. Транспорт материјала у технолошком процесу је такође потпуно аутоматизован.

### **3.7 Процес истресања одливака**

Доливени калупи се транспортерима преносе, уз истовремено хлађење, до истресне решетке, на којој се одливци с уливним системом истресају из калупа. Истрешени (повратни) песак пропада кроз решетку и системом транспортера с гуменом траком преноси се до хладњака у одељењу припреме песка и после хлађења складишти у бункерима до поновне употребе.

### **3.8 Процес финалне обраде одливака**

Истрешени одливени комплети (одливци и делови уливног система) преносе се даље у одељење чистионице, до уређаја за пескарење, тј. за чишћење млазом металне сачме. Одливци се преносе на операцију брушења, обрубљивања и по потреби бушења. Готови одливци се контролишу, пакују и на крају отпремају купцу.[44]

# IV ИНДИКАТОРИ ПЕРФОРМАНСИ ПОСЛОВАЊА У ИНДУСТРИЈИ ЛИВАРСТВА

*У четвртом поглављу дефинисана је сврха мерења и мере перформанси кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства. Извршена је идентификација и дефинисање индикатора: процесног приноса, ефикасности производње, искоришћености опреме, потрошње енергије на топљењу, потрошње песка, потрошње воде и радне продуктивности, а разматрани су и индикатора који се односе на заштиту животне средине и квалитет у индустрији ливарства на бази BSC-а.*

## 4.1 Сврха мерења перформанси

О сврси и смислу мерења перформанси можда најбоље сведоче речи некада првог човек *Folksvagena, Karl Nahna*, који је тражећи одговор на питање сврхе и смисла мерења перформанси рекао: “не може се побољшати оно што се не може мерити и не може се мерити оно што се не види“.[45]

Према Голубовићу и др.: „ако не меримо, не можемо управљати, а уколико не можемо управљати не можемо обављати менаџмент процесом или организацијом у целини“.[45,46]

## 4.2 Кључни индикатори и мере перформанси

Творцем систематичног дефинисања кључних индикатора перформанси сматра се *Donaldson Brown*. Техника коју је он примењивао развијена је у компанији *DuPont* (око 1915. године) *Brown* ју је касније пренео и применио у компанији *General Motors*. До његовог доласка у компанију *General Motors* кључни индикатори су били финансијске природе. Суштина *Brown*-ове методе огледала се у обраћању пажње на нефинансијске индикаторе што треба да резултира финансијским индикаторима.[47]

Кључни индикатори и мере перформанси представљају делове система мера перформанси. Основна разлика између ова два појма огледа се у томе што су кључни индикатори перформанси (енг. *Key Performance Indicators –KPIs*), који се зависно од литературе називају и критичне варијабле учинка (енг. *Critical Performance Variables*) или критични фактори успеха, (енг. *Critical Success Factors –CSFs*) [48] искази у сажетом облику који нам казују шта организација мора да учини како би реализовала своје стратешке циљеве, док се остварење постављених циљева прати мерама перформанси чији су показатељи напретка углавном квантитативни.[49]

У новијој литератури иновацију у анализи кључних индикатора перформанси представљају радови *Kaplan*-а и *Norton*-а. Кроз радове је представљена методологија *balanced scorecard*-а и техника креирања стратешких мапа. Методологија *balanced scorecard*-а задржава традиционална финансијска мерила али и усмерава пажњу на факторе и мере који чине покретаче финансијске и конкурентске успешности.[47] Суштина методологије је у „*превођењу стратегије организације у индикаторе перформанси (циљеве учинка) мере остварења тих циљева, циљне вредности које треба остварити и иницијативе (активности и пројекте) који би требало да доведу до испуњења циљева*“. [47]

### **4.3 Идентификација и дефинисање кључних индикатора перформанси пословања ливница**

#### **4.3.1 Идентификација кључних индикатора перформанси пословања ливница**

У зависности од области у којој се примењују, при дефинисању кључних индикатора перформанси пословања, захтева се сарадња стручњака из различитих области, како стручњака из области ливачке индустрије, што је случај у овој дисертацији, тако и директора, односно менаџера који управљају организацијама у овом сектору индустрије. Ангажовањем експерата из више области за дефинисање кључних индикатора перформанси пословања ливница овај задатак постаје мултидисциплинаран. Како наше

друштво и држава једино могу напредовати покретањем привреде, Привредна комора Србије и групација техничких факултета треба да буду покретачи активности на дефинисању заједничког система кључних индикатора перформанси пословања у овом случају у индустрији ливарста а тако и у другим гранама индустрије. Надградњу система кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства представљало би формирање централног регистра на нивоу ПКС - Привредне коморе Србије, где би привредници али и стручна јавност била у могућности да се увере у резултате пословања у ливницама у Србији као и у резултате заједничког деловања привреде и науке.

#### **4.3.2 Дефинисање кључних индикатора перформанси пословања ливница - KPI**

При дефинисању кључних индикатора перформанси пословања у ливницама преузета је методологија дефинисана у *Diagnostics Guide for Data Collection Calculation of Key Performance Indicators to be used in combination with the Benchmarking Questionnaire, International Finance Corporation World Bank Group, Foundry Industry – Benchmarking, 2011. [50]*

*A1.* Процесни принос:

Процесни принос представља количник нето добрих одливака, произведених током једне године и укупног унетог материјала у пећ у току године, изражено у тонама. Укупни унети материјал у пећ може се израчунати као збир произведених нето добрих одливака током једне године и четири подиндикатора процесног приноса, изражено у тонама:

- губитака при топљењу;
- губитака насталих при чишћењу и просипању;
- хранитеља и уливних система и
- отпадних и шкарт одливака.

*A1.1* Губитак при топљењу (%) представља материјал који се изгуби током топљења (путем оксидације или инкорпорирањем у шљаку) изражен као проценат од материјала убаченог у пећ за топљење.

Процедура прикупљања података:

*A 1.1.1* прецизно се измери и забележи сав материјал који се убацује у пећи (у тонама),

*A 1.1.2* измери се количина лива која се излије из пећи,

*A1.1.3* губитак при топљењу се израчунава одузимањем изливеденог лива од металног материјала убаченог у пећи и изражава разлику у виду процента убаченог материјала.

*A.1.2* Чишћење и просипање (%) представља количину течног лива који је изливен из пећи и материјала који се проспе мимо калупа. Изражава се као проценат просутог течног лива.

Процедура прикупљања података:

*A.1.2.1* измерити количину изливеденог лива из пећи. (*A1.1.2*)

*A.1.2.2* Забележити тежину лива који је уливен у калупе.

*A1.2.3* Чишћење и просипање се израчунава одузимањем количине лива у калупима од количине лива који је изливен из пећи и представља разлику као проценат излиствене количине лива.

*A1.3* Хранитељи и уливни системи (%) представљају количник тежине лива који се улива у калуп и тежине лива који не формира одливак, изражене као проценат количине лива уливеденог у тај калуп.

Процедура прикупљања података:

*A1.3.1* утврдити тежину свих произведених бруто одливака (добри одливци и отпадни – шкарт одливци);

*A1.3.2* измерити тежину свих хранитеља и уливних система (повратног материјала);

*A1.3.3* збир *A1.3.1* и *A1.3.2* треба да буде једнака тежини *A1.2.2*;[50]

*A1.3.4* проценат који представља хранитеље и уливне системе се израчунава изражавањем тежине у *A1.3.2* у облику процента тежине у *A1.2.2*;

*A1.3.5* Такође се обично користи термин „принос из калупа“ који износи 100% минус проценат у *A1.3.4*.

*A1.4* Отпадни одливци представљају количник тежине отпадних шкарт одливака (укључујући враћене шкарт одливке од купаца) изражен као проценат тежине бруто произведених одливака. Постоје разноврсни начини за изражавање перформанси отпадних шкарт одливака: по тежини, индивидуалном бројењу одливака или према вредности одливка. У сврху одређивања овог стандарда, нивои отпада ће бити израчунати према тежини. Овај параметар не укључује одливке који су дорађени или „спашени“.

Процедура сакупљања података:

*A1.4.1* измере се интерно сви отпадни шкарт одливци.

*A1.4.2* измерити или израчунати тежину одбачених шкарт одливака и одливака које је купац вратио.

*A1.4.3* проценат отпада је збир *A1.4.1* и *A1.4.2* изражен као проценат *A1.3.1.[50]*

Метод израчунавања процесног приноса за горе дате вредности је приказан у наставку.

*Табела 4.1* Израчунавање процесног приноса

	Материјал	%изгубљено у фази	% остаје у фази	% у односу на улаз
<b>Унет материјал:</b>	<b>100 t</b>			<b>100%</b>
- Губитак при топљењу	-4 t	- 4,0%	96%	
- Лив	96 t			96%
- Чишћење и просипање	-4 t	- 4.2%	95.8%	
- Лив у калупима	92 t			92%
- Хранитељи и уливни системи	-40 t	- 43.5%	56.5%	
- Бруто одливци	52 t			52%
- Отпадни шкарт одливци	-2.5 t	- 4.8%	95.2%	
- Нето добри одливци	49.5 t			49.5%

Процесни принос је 49.5%.

Што значи да 49.5% материјала који је унет у пећ резултује одливком који је за продају.

Ефикасност производње (*OEE*)

Перформанса заснована на потрошњи времена, такође позната и као свеукупна ефикасност опреме, означава празнину између идеалне и стварне перформансе. [50]

*A2*. Ефикасност производње (*OEE*) представља време током којег постројење произведе добре одливке који се могу продати, изражено као проценат времена током којег је постројење било доступно за производњу.

Овај *KPI* се састоји од 4 подиндикатора перформанси:

- 1) *A2.1* време отказа;
- 2) *A2.2* спори проток (%);
- 3) *A2.3* лоши калуци (%) и
- 4) *A2.4* отпатци и шкарт (%).

*A2.1* Време отказа представља време током којег калупно постројење не ради услед кварова или оперативних разлога изражено као проценат укупног доступног времена за производњу (често се назива и нето оперативно време).

Процедура сакупљања података:

*A2.1.1* забележити број часова предвиђених за рад постројења за калуповање, нпр. 5 дана с једном осмочасовном сменом дневно, укупно 40 часова. Узети у обзир период узорковања који представља 2009., 2010. и 2011. годину.

*A2.1.2* забележити број часова током којих је постројење за калуповање радило.

*A2.1.3* разлика између *A2.1.1* и *A2.1.2* је представљена временом отказа које се израчунава као разлика изражена процентом броја часова према распореду.

*A2.2* Спори проток је производно време које је изгубљено услед рада постројења за калуповање при брзини која је испод пројектованог капацитета или израчунати излаз изражен као проценат еквивалентан нето оперативном времену.



Процедура сакупљања података:

*A2.2.1* израчунати број калупа који треба да буду произведени током било којег временског периода путем множења броја часова током којих постројење ради (*A2.1.2*) с пројектованим капацитетом или израчунатом производњом постројења за калуповање по часу;

*A2.2.2* забележити укупан број произведених калупа током горњег периода.

*A2.2.3* разлика између *A2.2.1* и *A2.2.2* се назива „спорим протоком“ и изражава се као проценат од *A2.2.1*.

*A2.3* Лоши калупи представљају број произведених калупа у које није сипан лив, изражен као проценат од укупног броја произведених калупа.

Процедура сакупљања података:

*A2.3.1* забележите број лоших калупа који су произведени током посматраног периода.

*A2.3.2* перформанса лошег калупа се изражава као *A2.3.1*, као проценат од *A2.2.2*. [50]

*A2.5* израчунавање ефикасности производње (*OEE*)

Метод израчунавања ефикасности производње за вредности које су горе наведене дат је у наставку.

*Табела 4.2* Израчунавање ефикасности производње (*OEE*)

	Време	% изгубљено у фази	% остаје у фази	% у односу на улаз
<b>Бруто радно време:</b>	<b>100 h</b>			<b>100%</b>
- време отказа	100 h	-15%	85%	
- нето оперативно време	85 h			85%
- спори проток		-5.9%	94.1%	
- бруто производња калупа	80 h			80%
- лоши калупи		-3.1%	96.9%	
- бруто одливци	77.5 h			77.5%
- отпадни одливци		-4.8%	95.2%	
- нето добри одливци	73.8 h			73.8%

Ефикасност производња је 73.8%.

То значи да су у времену које је доступно за производњу током 73.8% овог времена произвођени одливци који се могу продавати. [50]

#### Ефикасност опреме *TEEP*

*A3.* Ефикасност перформанси опреме (*TEEP*) мери (*OEE*) ефикасност према календарским сатима, тј. 24 часа дневно, 365 дана годишње. Ефикасност опреме (*TEEP*) представља укупну годишњу ефикасност производње, изражену као проценат укупног капацитета постројења уколико ради током 24 часа дневно, 365 дана годишње.

Процедура сакупљања података:

*A3.1* забележити укупан број предвиђених сати за производњу за свако постројење за калуповање на годишњем нивоу према *A2.1.1*.

*A3.2* израчунати ефикасну производњу за свако постројење за калуповање како је илустровано у *A2.5*.

*A3.3* израчунати нето ефикасне сате множењем *A3.1* са *A3.2*.

*A3.4* изразити овај број као проценат од 8760, (24 часа дневно, 365 дана годишње).

#### *A4.* Потрошња енергије

*A4.1a* ефикасност топљења помоћу електричне енергије представља потрошњу електричне енергије пећи (*kWh*) подељену с тонажом металног материјала који је унет у пећи (индукционе или електролучне пећи). [50]

Процедура сакупљања података:

*A4.1a1* забележити потрошњу (*kWh*) за топионичко постројење (пећи) за посматрани период.

*A4.1a2* забележити укупан метални материјал за шаржирање пећи (видети ставку *A1.1.1*).

*A4.1a3* израчунати ефикасност енергије за топљење дељењем *A4.1.1* са *A4.1.2*.

*A4.2* укупна потрошња енергије представља укупну потрошњу енергије (*kWh*) у ливничким постројењима, подељену с тонажом нето произведених добрих одливака.

Процедура сакупљања података:

*A4.2.1* забележити укупну потрошњу енергије за постројење током посматраног периода.

*A4.2.2* забележити потрошњу гаса за постројење за посматрани период и израчунати као *kWh*.

*A4.2.3* забележити потрошњу нафте за постројење за посматрани период и израчунати као *kWh*.

*A4.2.4* забележити укупне нето добре одливке произведене током посматраног периода.

*A4.2.5* укупна потрошња енергије у постројењу се израчунава сабирањем *A4.2.1+A4.2.2+A4.2.3* и дељењем збира са *A4.2.4*. [50]

*A5. Потрошња песка*

*A5.1 Потрошња новог песка*

Потрошња новог песка у постројењу израчунава се тако што се маса новог (свежег) песка подели с тонажом нето произведених добрих одливака. Овај индикатор укључује песак за калуповање као и песак за прављење језгра.

Процедура сакупљања података:

*A5.1.1* забележити масу новог песка за калуповање који је купљен током посматраног периода.

*A5.1.2* забележити масу новог песка за прављење језгара који је купљен током посматраног периода.

*A5.1.3* забележити масу било којег већ коришћеног песка који се користи за прављење језгара и који је купљен током посматраног периода.

*A5.1.4* забележити масу свих купљених, већ направљених језгра.

*A5.1.5* забележити укупну количину нето произведених добрих одливака током посматраног периода. [50]

*A5.1.6* укупна потрошња новог песка се рачуна сабирањем  $A5.1.1+A5.1.2+A5.1.3+A5.1.4$  и дељењем збира са *A5.1.5*.

*A5.2* стопа регенерације песка представља проценат песка који се поново употребљава у сваком циклусу калуповања (као просек свих калупних циклуса током посматраног периода).

*A5.2a* постројење с бентонитном мешавином-стопа регенерације песка.

Процедура сакупљања података:

*A5.2.1* забележити укупну масу језгара додатих систему с бентонитном мешавином током посматраног периода.

*A5.2.2* забележити укупну масу новог песка додатог систему с бентонитном мешавином током посматраног периода.

*A5.2.3* забележити укупну масу бентонитне мешавине припремљене за калупно постројење током посматраног периода. [50]

*A5.2.4* одузети *A5.2.1* и *A5.2.2* од *A5.2.3*.

*A5.2.5* стопа регенерације песка је *A5.2.4* као проценат од *A5.2.3*.

*A5.2b* хемијски везани системи – стопа регенерације песка.

Процедура сакупљања података:

*A5.2.6* забележити укупну масу језгара додатих у систем с песком током посматраног периода.

*A5.2.7* забележити укупну масу новог песка додатог у систем с песком током посматраног периода.

*A5.2.8* забележити укупну масу песка припремљеног за калупно постројење током посматраног периода.

*A5.2* одузети *A5.2.6* и *A5.2.7* од *A5.2.8*.

*A5.2.10* стопа регенерације песка је *A5.2.9* изражена као проценат од *A5.2.8*.

*A6.* Потрошња свеже воде представља укупну запремину воде подељену с тонажом произведених нето добрих одливака.

Процедура сакупљања података:

*A6.1* забележити укупну запремину свеже воде која се потроши у постројењу током посматраног периода.

*A6.2* забележити укупну нето производњу добрих одливака током посматраног периода.

*A6.3* израчунати стопу потрошње свеже воде дељењем *A6.1* са *A6.2*.

*A7.* Радна продуктивност представља укупан број радних сати особља (изузимајући радне сате менаџера) подељен с тонажом нето произведених добрих одливака. Како би се сакупили упоредиви подаци, утврђивањем броја радника се врши за изабрана одељења.  
[50]

Процедура сакупљања података:

*A7.1* забележити број радника који раде у одељењима:

припреме материјала; топионице; радионице за језгра; калуповања; постројења за песак; финализације; лабораторије и контроле квалитета; одржавања; помоћних операција (потребно је навести број радника по одељењима).

*A7.2* забележити број укупних радних сати по сваком одељењу током посматраног периода.

*A7.3* забележити број менаџерског особља.

*A7.4* забележити укупно произведене нето добре одливке током посматраног периода.

*A7.5* израчунати радну продуктивност дељењем укупног броја радних сати у *A7.2* са нето добром тонажом у *A7.4*.

*A7.6* израчунати број радних сати за менаџерско особље.

*A7.7* израчунајте рацио особља дељењем директних сати (видети *A7.2*) са индиректним радним сатима (видети *A7.6*).

Поред напред наведених, кључних индикатора перформанси пословања ливница – *KPI*, у разматрање свакако треба уврстити још два индикатора:

- управљање заштитом животне средине у индустрији ливарства и
- квалитет у индустрији ливарства на бази *BSC-a* (биће детаљно описан у поглављу б).

### 4.3.3 Индикатор система управљања заштитом животне средине у ливницама

#### 4.3.3.1 Подиндикатори

Индикатори представљају алат за добијање информација, они су показивачи или средство које показује извесно стање или промену у извесном стању, смањују велику количину података на најједноставнији облик, задржавајући суштинско значење о питањима која карактеришу дате податке.[51]

Подиндикатори система управљања заштитом животне средине у ливницама су:

- број ливница са сертифицираним системима менаџмента заштитом животне средине према захтевима *ISO 14001*;
- процентуално учешће сертификата *ISO 14001* у ливницама у односу на укупан број издатих сертификата (за Србију и друге земље);
- број ливница које су увеле систем *EMAS* (за Србију и друге земље).

Индикатор управљање заштитом животне средине прати развој система управљања заштитом животне средине сертификацијом *SRPS ISO 14001* и *EMAS*, кроз број ливница које поседују сертификате *SRPS ISO 14001* и *EMAS*. Ради поређења, дат је упредно и број ливница која поседују сертификате *ISO 14001* и *EMAS* у европским државама. Сертификација *ISO 14001* и *EMAS-a* је промовисана као добровољна мера. У погледу методологије прикупљања података коришћена је база Привредне коморе Србије која води регистар друштава и других организација, које имају сертификат о усаглашености са захтевима одговарајућих стандарда.

Министарство пољопривреде и заштите животне средине води регистар система *EMAS*, према Закону о заштити животне средине. Међународна организација за стандардизацију (*ISO*) у годишњим извештајима приказује податке о броју предузећа која су добила сертификат *ISO 14001*.<sup>[52]</sup> Подаци о броју предузећа која су добила сертификат о *EMAS* су доступни на порталу Европске комисије *EMAS*.<sup>[53]</sup> Подаци се ажурирају годишње, квартално и месечно.

У погледу правне покривености националним и међународним прописима и обавезама извештавања од посебног значаја су следећи извори:

- Закон о заштити животне средине („Службени гласник РС”, бр. 135/04, 36/09, 36/09 др. закон и 72/09 – др. закон );
- Национални програм заштите животне средине („Службени гласник РС”, број 12/10);
- *ISO survey certifications 2008, ISO Central Secretariat, November 2009.*

## V БЕНЧМАРКИНГ - КРП-а

*У оквиру петог поглавља описан је бенчмаркинг метод. Како би се добили оквирни резултати о кључним индикаторима перформанси пословања ливница и показало како функционише систем мерења перформанси, спроведено је „пилот“ истраживање у ливници Гуча. Извршено је поређење кључних индикатора перформанси ливнице Гуча с кључним индикаторима ливница у ЕУ, Русији и свету.*

*Након „пилот“ истраживања, по истој методологији спроведено је истраживање о нивоу кључних индикатора перформанси пословања у шест најзначајних српских ливница и извршено је њихово поређење с кључним индикаторима ливница у ЕУ, Русији и свету.*

*Хипотеза 1 је проверена и доказана што представља основу даљег истраживања.*

### 5.1 Бенчмаркинг метод

Бенчмаркинг (енг. *Benchmarking*) је метод поређења за истраживање конкуренције у окружењу који је актуелизован пред крај двадесетог века. Суштина концепта огледа се у иновирању позитивних искустава других и њиховом уграђивању у посматрана друштва. Уколико занемаримо специфичности и различитости сопственог друштва у односу на посматрана, ризикујемо да метод применимо на једноставан метод компарације и тако не остваримо суштинску вредност бенчмаркинга, унапређење перформанси друштва кроз сазнања о конкурентским предностима у погледу квалитета производа и процеса, о њиховом нивоу ефикасности и уложеним средствима. [54,55,56,57,58,59,60]

*Robert Camp [61] наводи да је бенчмаркинг: „континуиран процес мерења нивоа квалитета производа и услуга према најснажнијим конкурентима или оним компанијама које су признате као индустријски лидери, као и трагање за најбољим праксама које доводе до супериорних перформанси“. У складу са напред наведеном дефиницијом иде и сазнање утемељено на спознаји модела и структура других друштава а о њеној општеприхваћености говори и то што је увршћена у скуп критеријума при додељивању награде за квалитет *SAD Malcom Boldrige Award*.*



Амерички центар за продуктивност и квалитет (*APQC*), бенчмаркинг дефинише као: „систематски и континуирани процес мерења; процес континуираног мерења и упоређивања пословних процеса једне организације у односу на пословне процесе лидера ради добијања информација које ће помоћи организацији да предузме акције за побољшање својих перформанси“. [62,63]

Поједини теоретичари бенчмаркинг дефинишу као метод учења од најбољих. Ради практичне примене метода бенчмаркинга неопходно је упознати оперативне активности које он подразумева. Према *Kristoferu, Pejnu* и *Balantajnu* [61] поступак бенчмаркинга укључује следеће кораке:

- дефинисање конкурентског домена, односно фактора којима друштво придаје највише значаја;
- идентификовање кључних компоненти производа или услуге на основу виђења потрошача;
- рангирање (пондерисање) значаја компоненти;
- утврђивање полазних вредности перформанси према конкурентима;
- анализу података, како би се утврдила сагласност перформанси с очекивањима потрошача.

Сматра се да је код ових аутора дат превелики значај аспекту упоређивања. Иако пракса бенчмаркинга није тако дуга, према истраживању *Drua*, који је истраживао његову ефикасност у два сектора, постоје наговештаји да успешно испуњава све поменуте циљеве. Међутим, напомиње се, највећу вредност овог метода доноси његова употреба у генерисању нових идеја, друга по значају је корист у току аргументације потребе за променама, затим следи допринос унапређењу квалитета производа и развој нових производа. Бенчмаркинг се може према појединим ауторима посматрати и као средство за оцену пословања компаније, средство континуираног побољшања, средство за побољшање пословања, а може бити и стратегијско средство, средство учења, средство потенцијалног раста као и средство за постизање задовољства на раду.[64,65,66]

## **5.2 Бенчмаркинг кључних индикатора перформанси пословања - KPI-а**

### **5.2.1 Бенчмаркинг кључних индикатора перформанси пословања - KPI-а – „пилот“ истраживање**

Како би се добили оквирни резултати о кључним индикаторима перформанси пословања српских ливница и показало како функционише систем анализе, спроведено је „пилот“ истраживање на нивоу једне ливнице. Као узорак за спровођење „пилот“ истраживања узета је ливница Гуча. Користећи методологију дефинисану у тачки 4.3.2 а на основу упитника [Прилог 1] утврђени су кључни индикатори перформанси пословања ливнице Гуча.

### **5.2.2 Ливница Гуча**

Индустријски комбинат „Гуча“ а.д. је настао из занатског предузећа „Бјелица“ а као самостални привредни субјект постоји од 1958. године од када се бави производњом одливака од сивог лива и челика, касније и машинском обрадом и браварским радовима, гумирањем ваљака, изградом гумено-техничке робе а у новије време производњом пећи, камина и штедњака на чврсто гориво.

За производњу одливака од челика РЈ Ливница поседује две средњефреквентне пећи капацитета  $0,3t$  и  $0,6t$ . Производња сивог лива врши се у мрежно – фреквентним индукционим пећима капацитета  $8t$  (укупно три пећи) и једној средњефреквентној пећи од 8 тона. Ливница поседује и рецептор капацитета 25 тона чија је функција одржавање лива на адекватној температури. Производни капацитет ливнице Гуча износи  $25.000t$  одливака/годишње. РЈ Ливница поседује савремену аутоматску линију за машинско калуповање *Disamatic 2013MK4* капацитета  $250$  калупа/h (димензије плоче су  $650x525mm$ ) и хоризонталну полуаутоматску линију за машинско калуповање капацитета  $20$  калупа/h (димензије шасије су  $1000x800x150-300mm$ ). Такође, ливница поседује линију за аутоматску припрему песка капацитета  $45 t/h$ . Ливница Гуча је технички и технолошки опремљена за ливење одливака за потребе рударске индустрије, електропривреде,

грађевинарства, цемента, аутомобилске индустрије и индустрије трактора, термоиндустрије и машинске индустрије. Ливница производи одливке од сивог и нодуларног лива свих квалитета тежинске групе до 3t по властитим моделима или моделима купца. У оквиру производње сивог лива произвођени су одливци за канализацију (канализациони лив - цеви, фазонски комади пречника од 50 до 200 mm (шахтови, сливници, хидрант капе, решетке).

У саставу ливнице налази се лабораторија са савременом опремом за хемијска и механичка испитивања материјала. ИК “Гуча” а.д. је пословао у складу с међународним стандардима: ISO 9001:2008, број сертификата 75 100 50151, ISO 14001:2004 број сертификата 75 100 0486 и OHSAS 18001:2007 број сертификата 75 126 0135. Сертификацију система менаџмента је извршила сертификациона кућа TUV Rheinland InterCert d.o.o. Beograd.[67]

#### **A1. Процесни принос с подиндикаторима ливнице Гуча:**

*Табела 5.1 Процесни принос у ливници Гуча*

Подиндикатори	2009.год.			2010.год.			2011.год.		
	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза
Материјал унет у пећ	16604,0	100%	100%	18234,0	100%	100%	21248,0	100%	100%
Губитци при топљењу	1510,0	9,09%		1658,0	9,09%		1931,0	9,09%	
Течни метал	15094,0	90,9%	90,9%	16576,0	90,9%	90,9%	19317,0	90,9%	90,9%
Чишћење и просипање	453,0	3,01%		497,0	3,01%		580,0	3,01%	
Метал у калупима	14641,0	100%	88,18%	16079,0	100%	88,18%	18737,0	100%	88,18%
Хранитељи и уливни системи	3030,0	20,07%		3328,0	20,07%		3878,0	20,07%	
Бруто одливци	11611,0	79,93%	69,9%	12751,0	79,93%	69,9%	14859,0	79,93%	69,9%
Отпатци и шкарт	455,0	3,92%		750,0	5,88%		789,0	5,31%	
Отпремљени одливци	11156,0	96,1%	67,2%	12001,0	94,1%	65,8%	14070,0	94,7%	66,2%
Враћени одливци од купаца	25,0	0,22%		45,0	0,37%		57,0	0,41%	
Нето добри одливци	11131,0	99,8%	67,0%	11956,0	99,6%	65,6%	14013,0	99,6%	65,9%

## A2. Ефикасност производње (OEE)

Табела 5.2 Ефикасност производње (OEE) у ливници Гуча

OEE						
Подиндикатори	2009. год. наспрам улаза		2010. год. наспрам улаза		2011. год. наспрам улаза	
Планирано време производње	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Време отказа	5,4%		5,0%		5,3%	
Остварено време производње	94,6%	94,6%	95,0%	95,0%	94,7%	94,7%
Спори проток	9,1		9,0%		9,2%	
Релативно време производње	90,9	85,9%	91,0%	86,4%	90,8%	85,9%
Лоши калупи	22%		17,6%		16,2%	
Добри калупи	78%	67,0%	82,4%	71,1%	83,8%	71,9%
Отпадни одливци – шкарт	3,92%		5,8%		3,1%	
Време за које се одливак припреми за продају	96,1%	64,4%	94,2%	66,9%	96,7%	69,5%

## A3. Ефикасност опреме (TEEP)

Табела 5.3 Укупна ефикасност перформанси опреме (TEEP) у ливници Гуча

	2009. год.	2010. год.	2011. год.	Просек
TEEP (Укупна ефикасност перформанси опреме)	Подаци из упитника			
OEE	64,4%	66,9%	69,5%	66,9%
Часова годишње	5980	6080	6110	6056,6
Капацитет годишње	6320	6400	6450	6390
Тренутни производни капацитет	94,6%	95,0%	94,7%	94,7%
TEEP	68,2%	69,4%	69,7%	69,0%

## A4. Потрошња енергије

Табела 5.4 Потрошња енергије у ливници Гуча

		2009. год.	2010. год.	2011. год.	Просек
Потрошња енергије		Подаци из упитника			
Материјал унет у пећ	t	16604	18234	21248	18695
Потрошња енергије на топљењу	kWh	15272500	16204314	17698688	16391834
Потрошња енергије по тони истопљеног лива	kWh/t	919,8	888,7	833,0	876,8
Нето добри одливци	t	11131,0	11956,0	14013,0	12366,7
Укупна потрошња енергије	kWh	10690750	11343020	12389082	11474284
Потрошња енергије по тони одливака	kWh/t	960	949	884	928

## A5. Потрошња песка

Табела 5.5 Потрошња песка у ливници Гуча

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња песка		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	11131,0	11956,0	14013,0	12366,7
Нови песок	<i>t</i>	3600	4200	4800	4200
Песак за језгра	%	5	5	5	5
	<i>t</i>	180	210	240	210
Укупно песка за језгра	<i>t</i>	180	210	240	210
Укупно песка за ливење и језгра	<i>t</i>	3.600	4.200	4.800	4.200
Нови песок/тона	<i>t/t</i>	0,3	0,35	0,34	0,3
Регенерисан песок					
Песак за језгра који се додаје у систем	<i>t</i>	180	210	240	210
Нови песок додат у систем	<i>t</i>	3420	3990	4560	3990
	<i>t</i>	3600	4200	4800	4200
	<i>t</i>	33750	67500	101250	67500
	<i>t</i>	33750	67500	101250	67500
Регенерисан песок	%	89,3	93,8	95,3	93,8

## A6. Потрошња свеже воде

Табела 5.6 Потрошња свеже воде у ливници Гуча

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња воде		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	11131,0	11956,0	14013,0	12366,7
Потрошња воде	<i>m<sup>3</sup></i>	37353	39953	40725	39338
Потрошња воде /одливци	<i>m<sup>3</sup>/t</i>	3,36	3,34	2,91	3,18

## A7. Радна продуктивност

Табела 5.7 Радна продуктивност у ливници Гуча

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Радна продуктивност		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	11131,0	11956,0	14013,0	12366,7
Број директних часова	<i>h</i>	506880	525888	511104	514624
Радна продуктивност (радника на час/тона добрих одливака)	<i>радника на h / t</i>	45,5	44,0	36,5	41,6
Број директних радника		215	222	217	218
Број менаџера		15	15	15	15
Однос особља	<i>однос</i>	14,3	14,8	14,5	14,5

### **5.3 Упоредна анализа кључних индикатора перформанси пословања руске и европске индустрије ливарства са српском ливачком индустријом на основу „пилот“ истраживања спроведеног у ливници Гуча**

Након утврђивања кључних индикатора према резултатима добијеним у табелама 5.1-5.7, извршено је упоређивање (бенчмаркинг) перформанси ливнице Гуча која је повезана с ефикасношћу ресурса с перформансама европских и руских ливница.

На основу података приказаних у табели 5.8 може се закључити да је процесни принос ливнице Гуча (66,1%) на нивоу европског максимума (64,1%), чак и изнад њега. Такође, ефикасност производње у ливници Гуча (66,8%) је нижи од европског максимум који износи (81,1%). С обзиром да ови индикатори зависе од технологије и процеса, наведени резултати указују да је ниво технологије и процеса у ливници Гуча на европском нивоу али постоји значајан потенцијал за повећање ефикасности производње. Регенерација песка готово је на европском нивоу (93,8%) што је свакако последица нове опреме док потрошња свеже воде у ливници Гуча износи 3,18 ( $m^3/t$  доброг одливка) и знатно је већа од европског максимума који износи 0,76 ( $m^3/t$  доброг одливка). Како наведени индикатори зависе од финалног производа и технологије која се примењује у ливници а имајући у виду ниво технологије и квалитет одливака постоји огроман потенцијал за уштеде у потрошњи воде.

Искоришћеност опреме *TEEP* ливнице Гуча износи (69,1%) док је европски максимум (63,9%) што свакако потврђује чињеницу о високом нивоу технолошке опреме и доброј пракси обављања процесних активности. Преостали индикатори, потрошња енергије, потрошња свеже воде и радна продуктивност на nižем су нивоу од европских ливница. Потрошња енергије за топљење лива у ливници Гуча (876,8  $kWh/t$  истопљеног лива) је знатно виша од европског максимума који износи (544  $kWh/t$  истопљеног лива). Како ови индикатори зависе једним делом од производне опреме, а једним делом од устаљене праксе за обављање радних активности постоји значајан потенцијал за унапређење ових индикатора а нарочито радне продуктивности која је скоро три пута нижа у ливници Гуча (41,6 радника на  $h/t$  добрих одливака) од 15,1 колико износи европски максимум.

**Табела 5.8** Упоредна анализа кључних индикатора перформанси пословања руске и европске индустрије ливарства са српском ливачком индустријом на основу „пилот“ истраживања спроведеног у ливници Гуча [2,4]

Кључни индикатори перформанси пословања ливница	Европа		Русија		Србија (пилот истраживање)
	максимум	просек	максимум	просек	просек
Процесни принос (%) (4 подиндикатора)	64,1	59,5	66,2	52,3	66,1
Губитак при топљењу (%)	1,9	3,2	2,6	4,5	9,1
Чишћење и просипање (%)	2,4	3,0	1,7	3,3	3,01
Хранитељи и уливни системи (%)	31,5	34,5	29,3	39,3	20,07
Отпатци и шкарт (%)	2,1	3,4	2,2	6,7	4,27
Ефикасност производње (OEE) (%) (4 подиндикатора)	81,1	77,3	86,9	48,8	66,8
Време отказа (%) (нето оперативно време)	11,9	14,2	4,6	22,7	5,2
Спори проток	5,1	5,7	6,5	30,3	9,1
Лоши калуни	0,8	1,1	0,5	3,8	18,6
Искоришћеност опреме (TEEP) (%)	63,9	53,5	43,6	25,2	69,1
Потрошња енергије (kWh/по производу)					
За топљење (kWh/t истопљеног лива)	544	560	779	1164	876,8
За ливење (kWh/t изливенг лива)	1247	1453	3155	4506	928
Потрошња песка (по тони доброг одливка)					
Потрошња новог песка (по тони доброг одливка)	0,312	0,349	0,583	1,252	0,3
Стопа регенерације песка (%)	95,5	94,0	95,6	89,2	93,8
Потрошња свеже воде (m <sup>3</sup> /t доброг одливка)	0,76	0,90	17,10	144,89	3,18
Радна продуктивност (људи на час/тона добрих одливака)	15,1	21,0	26,7	75,2	41,6

Ради сагледавања положаја српске ливачке индустрије преко упоредне анализе кључних индикатора перформанси пословања спроведено је анкетирање путем упитника у још пет ливница и то: ливница Пожега, Кикинда, Топола, Зрењанин и Ниш.

### 5.3.1 Ливница Пожега

Производни програм ливнице Пожега чине одливци за шинска возила - уметци кочионих папуча у квалитету *P-6*, *P-10*, *P-14*, с и без прореза и производи за шинска возила од 100% композитних материјала. Производња у ливници Пожега има висок технолошки ниво захваљујући модерној опреми у коју спада савремена линија припреме и машинског калуповања (Формат машине – у полуаутоматском режиму рада), индукционе пећи, машине за израду језгара, пескирнице, бруснице и др. Модерна лабораторија је опремљена квантометром за брзу хемијску анализу, микроскопом и осталом потребном опремом, што омогућава одржавање високог нивоа квалитета производа и задовољење захтева купаца. Капацитет ливнице Пожега је 11000t одливака годишње. Ливница Пожега поседује сертификате система менаџмента према захтевима стандарда *SRPS ISO 9001:2008*

број, QS 0074; SRPS ISO 14001:2005, број ES 0005 и SRPS OHSAS 18001:2008, број OH 0004. Сертификацију система менаџмента извршила је сертификациона кућа StandCert d.o.o. Beograd. [68] Вредности кључних индикатора перформанси пословања ливнице Пожега приказани су у табелама 5.9 до 5.15.

## A1. Процесни принос с подиндикаторима ливнице Пожега:

Табела 5.9 Процесни принос у ливници Пожега

Подиндикатори	2009.год.			2010.год.			2011.год.		
	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза
Материјал унет у пећ	2980,0	100%	100%	2940,0	100%	100%	3432,0	100%	100%
Губитци при топљењу	119,2	4,0%		117,6	4,0%		137,3	4,0%	
Течни метал	2860,8	96,0%	96,0%	2822,4	96,0%	96,0%	3294,7	96,0%	96,0%
Чишћење и просипање	8,6	0,3%		8,5	0,3%		10,0	0,3%	
Метал у калупима	2852,2	100%	95,7%	2873,9	100%	95,7%	3284,7	100%	95,7%
Хранитељи и уливни системи	684,5	24,0%		689,7	24,0%		788,3	24,0%	
Бруто одливци	2167,7	76,0%	72,7%	2184,2	76,0%	74,3%	2496,4	76,0%	72,74%
Отпатци и шкарт	130,1	6,0%		135,4	6,2%		144,8	5,8%	
Отпремљени одливци	2037,6	94,0%	68,4%	2048,78	93,8%	69,7%	2351,6	94,2%	68,5%
Враћени одливци од купаца	5,7	0,28%		3,8	0,18%		4,6	0,19%	
Нето добри одливци	2031,9	99,7%	68,1%	2044,9	99,8%	69,5%	2347,0	99,8%	66,4%

## A2. Ефикасност производње (OEE)

Табела 5.10 Ефикасност производње (OEE) у ливници Пожега

OEE	2009.год. наспрам улаза		2010.год. наспрам улаза		2011. год. наспрам улаза	
Планирано време производње	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Време отказа	8,0%		10,2%		13,6%	
Остварено време производње	92,0%	92,0%	89,8%	89,8%	86,4%	86,4%
Спори проток	6,6%		8,7%		8,9%	
Релативно време производње	93,4%	85,9%	91,3%	81,9%	91,1%	78,7%
Лоши калупи	5,6%		5,8%		5,5%	
Добри калупи	94,4%	81,1%	94,2%	83,9%	94,5%	74,4%
Отпадни одливци – шкарт	6,0%		6,2%		5,8%	
Време за које се одливак припреми за продају	94,0%	76,2%	93,8%	78,7%	94,2%	70,1%



### A3. Ефикасност опреме (TEEP)

Табела 5.11 Укупна ефикасност перформанси опреме (TEEP) у ливници Пожега

	2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
TEEP (Укупна ефикасност перформанси опреме)	Подаци из упитника			
OEE	76,2%	78,7%	63,2%	70,1%
Часова годишње	3529	3445	3316	3430
Капацитет годишње	3840	3840	3840	3840
Тренутни производни капацитет	91,9%	89,7%	86,3%	89,3%
TEEP	40,2%	39,3%	37,8%	39,1%

### A4. Потрошња енергије

Табела 5.12 Потрошња енергије у ливници Пожега

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња енергије		Подаци из упитника			
Материјал унет у пећ	<i>t</i>	2980	2940	3432	3117
Потрошња енергије на топљењу	<i>kWh</i>	2384000	2337300	2762760	2494687
Потрошња енергије по тони истопљеног лива	<i>kWh/t</i>	800	795	805	800
Нето добри одливци	<i>t</i>	2031,9	2044,9	2347,0	2141,3
Укупна потрошња енергије	<i>kWh</i>	1651398	1666594	1936275	1751422
Потрошња енергије по тони одливака	<i>kWh/t</i>	820	815	825	820

### A5. Потрошња песка

Табела 5.13 Потрошња песка у ливници Пожега

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња песка		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	2031,9	2044,9	2347,0	2141,3
Нови песок	<i>t</i>	165	187	132	161,3
Песак за језгра	%	0	0	0	0
	<i>t</i>	0	0	0	0
Укупно песка за језгра	<i>t</i>	0	0	0	0
Укупно песка за ливење и језгра	<i>t</i>	165	187	132	161,3
Нови песок/тона	<i>t/t</i>	0,08	0,09	0,05	0,07
Регенерисан песок					
Песак за језгра који се додаје у систем	<i>t</i>	0	0	0	0
Нови песок додат у систем	<i>t</i>	0	0	0	0
Регенерисан песок (процена)	%	87-92	87-92	87-92	87-92

## A6. Потрошња свеже воде

Табела 5.14 Потрошња свеже воде у ливници Пожега

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња воде		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	2031,9	2044,9	2347,0	2141,3
Потрошња воде	<i>m<sup>3</sup></i>	2422	2670	2930	2674
Потрошња воде /одливци	<i>m<sup>3</sup>/t</i>	0,84	0,76	0,80	0,80

## A7. Радна продуктивност

Табела 5.15 Радна продуктивност у ливници Пожега

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Радна продуктивност		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	2031,0	2044,9	2347,0	2141,3
Број директних часова	<i>h</i>	207000	201600	201600	203400
Радна продуктивност (радника на час/тона добрих одливака)	<i>радника на h /t</i>	102	97	86	95
Број директних радника		98	95	100	98
Број менаџера		17	17	17	17
Однос особља	<i>однос</i>	5,7	5,6	5,9	5,7

### 5.3.2 Ливница Кикинда

Производни програм ливнице Кикинда чине одливци од сивог, темпер, нодуларног и вермикуларног лива. Одливци на бази *SiMo*, *SiMoCr*, *Ni-resist*, алуминијумски одливци ливени под притиском, као и челични одливци. Опрему ливнице чини *Disamatic* – аутоматска линија за калуповање као и савремена линија за припрему песка, индукционе пећи, машине за израду језгара, пескирнице, брусилце и др. Ливница Кикинда је позната и по изради ливачких алата, алата за ливење под притиском, алата за опсецање, стезних алата и специјалних алата. Ливница поседује опрему за обраду: кућишта турбина, издувних грана, кочионих дискова и добоша. Ливница је опремљена и за све врсте машинске обраде резањем, деформацијом, еродирањем и термичком обрадом. Једну од карактеристика ливнице Кикинда чини и ливење под притиском, носача компресора, носача пумпе, носача алтернатора и носача затезача.

Лабораторијску опрему у ливници Кикинда чини квантометар за хемијску анализу, микроскоп, кидалице и апарати за мерење тврдоће. Капацитет ливнице износи 30000t/годишње. Ливница поседује сертификат система менаџмента ISO 9001:2008. [69] Израчунате вредности кључних индикатора перформанси пословања ливнице Кикинда приказани су у табелама 5.16 – 5.22.

## A1. Процесни принос с подиндикаторима ливнице Кикинда

Табела 5.16 Процесни принос у ливници Кикинда

Подиндикатори	2009.год.			2010.год.			2011.год.		
	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза	Материја (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза
Материјал унет у пећ	5617,0	100%	100%	8535,0	100%	100%	10395,0	100%	100%
Губитци при топљењу	168,5	3,0%		256,0	3,0%		311,8	3,0%	
Течни метал	5448,5	97,0%	97,0%	8278,9	97,0%	97,0%	10083,2	97,0%	97,0%
Чишћење и просипање	163,4	3%		248,4	3%		302,5	3%	
Метал у калупима	5285,0	100%	94,0%	8030,5	100%	94,0%	9780,7	100%	94,0%
Хранитељи и уливни системи	1634,5	30,0%		2483,7	30,0%		3024,9	30,0%	
Бруто одливци	3650,5	70,0%	64,9%	5546,8	70,0%	64,9%	6755,8	70,0%	64,9%
Отпатци и шкарт	310,6	8,51%		680,6	12,27%		1068,7	15,82%	
Отпремљени одливци	3339,9	91,4%	59,4%	4866,2	87,7%	57,0%	5687,1	84,2%	54,7%
Враћени одливци од купаца	174,3	5,22%		297,8	6,12%		471,5	8,29%	
Него добри одливци	3165,6	94,78%	56,3%	4568,4	93,8%	53,5%	5215,6	91,7%	50,1%

## A2. Ефикасност производње (OEE)

Табела 5.17 Ефикасност производње (OEE) у ливници Кикинда

OEE	2009.год. наспрам улаза		2010.год. наспрам улаза		2011.год. наспрам улаза	
Подиндикатори						
Планирано време производње	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Време отказа	63,4%		56,6%		44,0%	
Остварено време производње	36,6%	36,6%	43,4%	43,4%	56,0%	56,0%
Спори проток	65,4%		60,7%		50,1%	
Релативно време производње	34,6%	12,6%	39,3%	17,0%	49,9%	27,9%
Лоши калупи	1,9%		4,0%		4,1%	
Добри калупи	98,1%	12,3%	96,0%	16,3%	95,9%	26,7%
Отпадни одливци – шкарт	8,5%		12,3%		15,8%	
Време за које се одливак припреми за продају	91,5%	11,2%	87,7	14,2%	84,2%	22,5

### A3. Ефикасност опреме (TEEP)

Табела 5.18 Укупна ефикасност перформанси опреме (TEEP) у ливници Кикинда

	2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
TEEP (Укупна ефикасност перформанси опреме)	Подаци из упитника			
OEE	11,2%	14,2%	22,5%	15,9%
Часова годишње	1405	1664	2150	1739,6
Капацитет годишње	3840	3840	3840	3840
Тренутни производни капацитет	36,6%	43,3%	55,9%	45,3%
TEEP	16,4%	18,9%	24,5%	23,8

### A4. Потрошња енергије

Табела 5.19 Потрошња енергије у ливници Кикинда

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња енергије		Подаци из упитника			
Материјал унет у пећ	t	5617,0	8535,0	10395,0	8182,3
Потрошња енергије на топљењу	kWh	5584158,0	8291087,0	8917280,0	7597508,3
Потрошња енергије по тони истопљеног лива	kWh/t	994,1	971,4	857,8	928,5
Него добри одливци	t	3165,6	4568,4	5215,6	4316,5
Укупна потрошња енергије	kWh	3908910,6	5803760,9	6242096,0	5318255,8
Потрошња енергије по тони одливака	kWh/t	1234,8	1270,4	1196,8	1232,1

### A5. Потрошња песка

Табела 5.20 Потрошња песка у ливници Кикинда

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња песка		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	t	3165,6	4568,4	5215,6	4316,5
Нови песок	t	2156,0	4809,0	7193,0	4719,0
Песак за језгра	%	0	0	0	0
	t	0	0	0	0
Укупно песка за језгра	t	0	0	0	0
Укупно песка за ливење и језгра	t	0	0	0	0
Нови песок/тона	t/t	0,7	1,05	1,4	1,1
Регенерисан песок					
Песак за језгра који се додаје у систем	t	0	0	0	0
Нови песок додат у систем	t	0	0	0	0
Регенерисан песок	%	87-92	87-92	87-92	87-92

## A6. Потрошња свеже воде

Табела 5.21 Потрошња свеже воде у ливници Кикинда

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња воде		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	3165,6	4568,4	5215,6	4316,5
Потрошња воде	<i>m<sup>3</sup></i>	17332,0	160060,0	244624,0	140672
Потрошња воде /одливци	<i>m<sup>3</sup>/t</i>	5,5	35,0	46,9	32,6

## A7. Радна продуктивност

Табела 5.22 Радна продуктивност у ливници Кикинда

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Радна продуктивност		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	3165,6	4568,4	5215,6	4316,5
Број директних часова	<i>h</i>	290000	428000	340000	353000
Радна продуктивност (радника на час/тона добрих одливака)	<i>радника на h /t</i>	91,6	93,7	65,2	81,7
Број директних радника		139	206	164	170
Број менаџера		4	4	3	4
Однос особља	<i>однос</i>	34,7	51,5	54,5	42,5

### 5.3.3 Ливница Топола

Ливница Топола а.д. је привредно друштво за производњу и промет одливака од сивог и нодуларног лива. Основана је 1958. године и има дугу традицију у производњи одливака. Имајући у виду знање и искуство запослених, као и лаку прилагодљивост захтевима тржишта, ливница може да понуди своје производе и услуге у решавању комплексних захтева од израде техничке документације до одливка и завршне обраде. У погледу квалитета одливака и процеса ливења континуирано се прате сви параметри у производном процесу.

Инсталирани капацитети индукционих пећи су 11.000t/годишње. Од опреме ливница поседује BMD линију као и Формат линију за полуаутоматско калуповање. Ливница је опремљена за високосеријску производњу са савременим електропећима за топљење, аутоматском калупарском линијом с димензијама калупника 800 x 600 mm. Производни програм ливнице Топола обухвата широк асортиман одливака од сивог лива квалитета GG25 и GG30 и нодуларног лива квалитета NL50, NL60 и NL70, тежинске групе од 1-40 kg.

Ливница, такође, производи и одливке прилагођене поруцбинама купаца. Производни асортиман се може поделити на следеће групе производа:

- аутомобилски лив: плоче, дискови, корпе квачила, потисне плоче, кочиони добош, кочиони цилиндар;
- машински лив: главчине, кућишта лежаја, постоља, замајци, ногари, тегови, ременице;
- канализациони лив: канализационе решетке, поклопци, сифони, оквири, носачи;
- одливци за камине и хидрауличне блокове;
- украсни ногари и постоља за баштенске столове и клупе.

Ливница Топола поседује сертификате система менаџмента према захтевима стандарда *ISO 9001:2008; ISO 14001:2004* и *OHSAS 18001:2007*. Сертификацију система менаџмента извршила је сертификациона кућа *TUV Rheinland inter Cert d.o.o. Beograd*. [70,71]

Вредности кључних индикатора пословања ливнице Топола дате су у табелама 5.23-29.

#### **A1. Процесни принос с подиндикаторима ливнице Топола:**

*Табела 5.23 Процесни принос у ливници Топола*

Подиндикатори	2009.год.			2010.год.			2011.год.		
	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам Улаза	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза	Материја (t)	Изгубљено у фази	Наспрам
Материјал унет у пећ	3000,0	100%	100%	2400,0	100%	100%	2500,0	100%	100%
Губитци при топљењу	300,0	10,0%		240,0	10,0%		250,0	10,0%	
Течни метал	2700,0	90,0%	90,0%	2160,0	90,0%	90,0%	2250,0	90,0%	90,0%
Чишћење и просипање	27,0	1%		32,4	1,5%		22,5	1%	
Метал у калупима	2673,0	100%	89,0%	2127,6	100%	88,5%	2227,5	100%	89%
Хранитељи и уливни системи	534,6	20%		425,5	20,0%		445,5	20,0%	
Бруто одливци	2138,4	80,0%	71,3%	1702,1	80,0%	70,9%	1782,0	80,0%	71,3%
Отпатци и шкарт	299,4	14,0%		255,3	15,0%		178,2	10,0%	
Отпремљени одливци	1839,0	86,0%	61,3%	1446,8	85,0%	60,2%	1603,8	90,0%	64,1%
Враћени одливци од купаца	55,2	3,0%		57,9	4,0%		64,1	4,0%	
Нето добри одливци	1783,8	97,0%	59,4%	1388,9	96,0%	57,8%	1539,7	96,0%	61,5%

## A2. Ефикасност производње (OEE)

Табела 5.24 Ефикасност производње (OEE) у ливници Топола

OEE						
Поиндикатори	2009. год. наспрам улаза		2010. год. наспрам улаза		2011. год. наспрам улаза	
Планирано време производње	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Време отказа	50,0%		53,1%		58,3%	
Остварено време производње	50,0%	50,0%	46,9%	46,9%	41,7%	47,1%
Спори проток	11,2%		9,4%		13,1%	
Релативно време производње	88,8%	44,4%	90,6%	42,5%	86,9%	40,9%
Лоши калупи	18%		19%		16%	
Добри калупи	82%	36,4%	81%	34,4%	84%	34,3%
Отпадни одливци – шкарт	17%		19%		14%	
Време за које се одливак припреми за продају	83%	30,2%	81%	27,8	86%	29,5%

## A3. Ефикасност опреме (TEEP)

Табела 5.25 Укупна ефикасност перформанси опреме (TEEP) у ливници Топола

	2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
TEEP (Укупна ефикасност перформанси опреме)	Подаци из упитника			
OEE	30,2%	27,8%	29,5%	29,1%
Часова годишње	1920	1800	1600	1773,3
Капацитет годишње	3840	3840	3840	3840
Тренутни производни капацитет	50,0%	46,8%	41,6%	46,2%
TEEP	21,9%	20,5%	18,2%	20,2%

## A4. Потрошња енергије

Табела 5.26 Потрошња енергије у ливници Топола

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња енергије		Подаци из упитника			
Материјал унет у пећ	<i>t</i>	3000,0	2400,0	2500,0	2633,3
Потрошња енергије на топљењу	<i>kWh</i>	2910000	2354400	2417500	1527760
Потрошња енергије по тони истопљеног лива	<i>kWh/t</i>	970,0	981,0	967,0	972,6
Нето добри одливци					
	<i>t</i>	1783,8	1388,9	1539,7	1570,8
Укупна потрошња енергије	<i>kWh</i>	2283264	1756958,5	1830703,3	1955122,4
Потрошња енергије по тони одливака	<i>kWh/t</i>	1280	1265	1189	1244,6

## A5. Потрошња песка

Табела 5.27 Потрошња песка у ливници Топола

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња песка		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	1783,8	1388,9	1539,7	1570,8
Нови песок	<i>t</i>	600	550	580	576,6
Песак за језгра	%	0	0	0	0
	<i>t</i>	0	0	0	0
Укупно песка за језгра	<i>t</i>	0	0	0	0
Укупно песка за ливење и језгра	<i>t</i>	0	0	0	0
Нови песок/тона	<i>t/t</i>	0,33	0,4	0,38	0,37
Регенерисан песок					
Песак за језгра који се додаје у систем	<i>t</i>	0	0	0	0
Нови песок додат у систем	<i>t</i>	0	0	0	0
Регенерисан песок	%	0	0	0	0

## A6. Потрошња свеже воде

Табела 5.28 Потрошња свеже воде у ливници Топола

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња воде		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	1783,8	1388,9	1539,7	1570,8
Потрошња воде	<i>m<sup>3</sup></i>	1030,9	980,7	1120,0	1043,8
Потрошња воде /одливци	<i>m<sup>3</sup>/t</i>	0,57	0,7	0,7	0,6

## A7. Радна продуктивност

Табела 5.29 Радна продуктивност у ливници Топола

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Радна продуктивност		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	1783,8	1388,9	1539,7	1570,8
Број директних часова	<i>h</i>	288000	279000	289800	285600
Радна продуктивност (радника на час/тона добрих одливака)	<i>радника на h/t</i>	161,4	200,8	188,2	181,8
Број директних радника		140	135	140	138,3
Број менаџера		20	20	21	20,3
Однос особља	<i>однос</i>	7	6,75	6,6	6,8

### 5.3.4 Ливница Радијатор Зрењанин

У програму ливнице налазе се канализациони, телефонски и водоводни поклопци, каналске и линијске решетке, каналска арматура и прибор, ливене клупе и постоља за столове. Производи су израђени од нодуларног и сивог лива носивости од 15-900 KN.



У ливници је имплементиран систем менаџмента квалитетом према захтевима стандарда *EN ISO 9001:2008* сертификован од стране сертификационог тела *TUV ProfiCert*, број сертификата *73 100 3272*.

Новом, аутоматском линијом за калуповање „*Disamatic*“ ливница „Радијатор“ Зрењанин проширила је постојећи производни капацитет и у потупности заокружила палету производа из свог производног програма. Имплементирањем нове производне линије постојећи производни капацитети достигли су *30* хиљада тона одливака годишње.

Поступак производње одливака, чине следеће производне операције:

- транспорт течног гвожђа изливеног из пећи за топљење, у лонцу, помоћу дизалице;
- уливање течног гвожђа у ливну пећ *САР8*;
- припрема калупне мешавине у аутоматском постројењу припреме песка;
- транспорт калупне мешавине до калупарске машине *Disamatic 2070 МК2АА*;
- израда калупа;
- улагање средства за нодулацију у калуп (ако се лије нодуларни лив);
- ливење у калупе помоћу ливне пећи, уз истовремено нодулирање у калупу, ако се лије нодуларни лив;
- транспорт и хлађење калупа с одливеним комплетима (одливцима и уливним системом);
- истресање одливених комплекта;
- транспорт истрешене (повратне) калупне мешавине назад у одељење припреме песка а одливених комплекта помоћу ламелног транспортера у одељење чистионице, уз истовремено хлађење;
- спуштање одливених комплекта с горњег на доњи ниво, помоћу вертикалног спиралног транспортера;
- чишћење (пескарење) одливених комплекта у проточном уређају;
- транспорт пескираних одливених комплекта транспортерима с гуменом траком уз даље хлађење;
- одламање делова уливног система;

- брушење, обрубљивање и по потреби бушење одливака и
- контрола одливака, паковање и отпрема.

У одељењу припреме песка (калупне мешавине), у посебним силосима смештени су суви кварцни песок, бентонит и угљени прах (или неко друго средство као носилац сјајног угљеника, на пример, бентокарзин). У бункерима, у самом постројењу припреме песка, ускладиштен је повратни песок из претходног циклуса припреме песка, израде калупа и ливења. Овај песок се убацује у мешалицу, уз додатак новог песка и адитива – бентонита и угљеног праха (или бентокарзина), и уз додатак воде, све у тачно прописаним количинама и односу. Припремљена калупна мешавина се системом трачних транспортера и елеватора преноси у дозирни бункер изнад машине за израду калупа. Израда вертикално подељених калупа врши се на аутоматској калупарској машини, типа *Disamatic 2070 MK2AA*. Димензије калупа (висина  $\times$  ширина  $\times$  дебљина) су:  $700 \times 950 \times (200A560)mm$ . Израђени калупи се транспортером калупарске линије померају до места ливења.

Производни програм чине одливци који се производе без примене језгара. Течно гвожђе које је претопљено у индукционим лончастим пећима у одељењу топионице, излива се из пећи у лонац и транспортује, помоћу двогредне мосне дизалице, до ливне пећи и улива у њу. У овој пећи се одржава температура лива, уз евентуално загревање ако је потребно. Ливна пећ је лончаста, ел. снаге  $550 kVA$  и запреминског капацитета  $7t$  течног гвожђа.

Производни процес, који се примењује, је потпуно аутоматизован и погодан за производњу одливака од нодуларног и сивог лива у великим серијама. Најважнији уређаји (интензивна мешалица за припрему калупне мешавине, машина *Disamatic 2070 MK2AA* за израду калупа, ливна пећ *САР8* и остали) раде у аутоматском режиму. Транспорт материјала у технолошком процесу је такође потпуно аутоматизован и без учешћа радне снаге. Веома је мали број технолошких операција које се обављају ручно. Инсталиран је и систем управљања радом транспортера (калупна мешавина, повратна мешавина, одливци) с програмирањем и визуализацијом. Контролишу се сви важни технолошки параметри како би се омогућио висок квалитет производа. [72] У табелама 5.30-5.36 приказане су израчунате вредности кључних индикатора перформанси пословања у ливници Радијатор Зрењанин.

## A1. Процесни принос с подиндикаторима ливнице Радијатор Зрењанин:

Табела 5.30 Процесни принос у ливници Радијатор Зрењанин

Подиндикатори	2009.год.			2010.год.			2011.год.		
	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза
Материјал унет у пећ	15759,0	100%	100%	18696,0	100%	100%	24770,0	100%	100%
Губитци при топљењу	1103,3	7,0%		1308,7	7,0%		1733,9	7,0%	
Течни метал	14655,7	93,0%	93,0%	17387,3	93,0%	93,0%	23036,1	93,0%	93,0%
Чишћење и просипање	293,1	2,0%		347,7	2,0%		460,7	2,0%	
Метал у калупима	14362,6	100%	91,0%	17039,6	100%	91,0%	22575,4	100%	91,1%
Хранитељи и уливни системи	3590,6	25,0%		4259,9	25,0%		5643,8	25,0%	
Бруто одливци	10772,1	75,0%	68,0%	12779,7	75,0%	68,3%	16931,5	75,0%	68,3%
Отпадци и шкарт	538,6	5%		702,8	5,5%		1354,5	8,0%	
Отпремљени одливци	10233,5	95,0%	64,9%	12076,0	94,5%	64,5%	15575,9	94,7%	62,8%
Враћени одливци од купаца	131,5	1,3%		91,0	0,75%		77,8	0,5%	
Нето добри одливци	10102,0	98,7%	64,0%	11985,0	99,25%	64,1%	15498,0	99,5%	62,5%

## A2. Ефикасност производње (OEE)

Табела 5.31 Ефикасност производње (OEE) у ливници Радијатор Зрењанин

OEE	2009.год. наспрам улаза		2010.год. наспрам улаза		2011.год. наспрам улаза	
Подиндикатори						
Планирано време производње	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Време отказа	12,5%		4,2%		4,2%	
Остварено време производње	87,5%	87,5%	95,8%	95,8%	95,8%	95,8%
Спори проток	7,8%		7,1%		8,4%	
Релативно време производње	92,2%	80,7%	92,9%	88,9%	91,6%	87,7%
Лоши калупи	4%		7%		5%	
Добри калупи	96%	77,5%	93%	82,7%	95%	83,3%
Отпадни одливци – шкарт	5,0%		5,5%		8,0%	
Време за које се одливак припреми за продају	95,0%	73,6%	94,5%	78,1%	92,0%	76,6%

### A3. Ефикасност опреме (TEEP)

Табела 5.32 Укупна ефикасност перформанси опреме (TEEP) у ливници Радијатор Зрењанин

	2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
<b>TEEP (Укупна ефикасност перформанси опреме)</b>	<b>Подаци из упитника</b>			
<i>OEE</i>	73,6%	78,1%	76,6%	76,1%
Часова годишње	5040	5520	5520	5360
Капацитет годишње	5760	5760	5760	5760
Тренутни производни капацитет	87,5%	95,8%	95,8%	93,0%
<i>TEEP</i>	57,5%	63,0%	63,0%	61,1%

### A4. Потрошња енергије

Табела 5.33 Потрошња енергије у ливници Радијатор Зрењанин

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
<b>Потрошња енергије</b>		<b>Подаци из упитника</b>			
Материјал унет у пећ	<i>t</i>	15759,0	18696,0	24770,0	19741,6
Потрошња енергије на топљењу	<i>kWh</i>	8996813,1	10705329,6	14118900,0	11276401,9
Потрошња енергије по тони истопљеног лива	<i>kWh/t</i>	570,9	572,6	570,0	571,2
Нето добри одливци	<i>t</i>	10102,0	11985,0	15498,0	12528,3
Укупна потрошња енергије	<i>kWh</i>	7152000	8510000,00	11000000	8873377,3
Потрошња енергије по тони одливака	<i>kWh/t</i>	708	710	706,8	708

### A5. Потрошња песка

Табела 5.34 Потрошња песка у ливници Радијатор Зрењанин

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
<b>Потрошња песка</b>		<b>Подаци из упитника</b>			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	10102,0	11985,0	15498,0	12528,3
Нови песок	<i>t</i>	3000	4000	5000	4000
Песак за језгра	%	5	5	5	5
	<i>t</i>	150	200	250	200
Укупно песка за језгра	<i>t</i>	150	200	250	200
Укупно песка за ливење и језгра	<i>t</i>	3150	4200	5250	4200
Нови песок/тона	<i>t/t</i>	0,31	0,35	0,34	0,3
Регенерисан песок					
Песак за језгра који се додаје у систем	<i>t</i>	150	200	250	200
Нови песок додат у систем	<i>t</i>	3300	3400	5500	4066,6
Регенерисан песок	%	89,3	93,8	95,3	93,8

## A6. Потрошња свеже воде

Табела 5.35 Потрошња свеже воде у ливници Радијатор Зрењанин

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња воде		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	10102,0	11985,0	15498,0	12528,3
Потрошња воде	<i>m<sup>3</sup></i>	6364,2	7790,2	7750	7767,5
Потрошња воде/одливци	<i>m<sup>3</sup>/t</i>	0,63	0,65	0,5	0,62

## A7. Радна продуктивност

Табела 5.36 Радна продуктивност у ливници Радијатор Зрењанин

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Радна продуктивност		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	10102,0	11985,0	15498,0	12528,3
Број директних часова	<i>h</i>	739200	1038240	1407840	1061760
Радна продуктивност (људи на час/тона добрих одливака)	<i>радника на h / t</i>	73,1	86,6	90,8	84,7
Број директних радника		220	309	419	316
Број менаџера		25	35	37	32,3
Однос особља	<i>однос</i>	8,8	8,3	11,3	9,7

### 5.3.5 Ливница Копекс „МИН – лив“ Ниш

Примарни производни програм ливнице а.д. „МИН-лив“ Ниш чине:

- одливци од сивог лива;
- одливци од нодуларног лива;
- одливци од ниско легираних ливених гвожђа;
- одливци од високо легираних ливених гвожђа;
- одливци од угљеничног челичног лива;
- одливци од високо легираних челика;
- одливци од високо легираних *Mn*-челика.

Најзначајнију опрему ливнице чине:

- индукционе пећи капацитета 2t произвођача *BBC*, максималног капацитета 15 t/дан; формат машине 10, 20, 30, 40, миксери за сигелну мешавину; конти мешач; машине за *ŠALKO* поступак, *CO<sub>2</sub>*, пескирнице *VK - 5* и *G - 2*, *VK - 3*, капацитета 15t; пећ за термичку обраду капацитета 15t.

Лабораторија за контролу квалитета поседује квантометар за испитивање хемијског састава, микроскоп за утврђивање микроструктуре, бринел апарат за испитивање тврдоће одливака и кидалицу за испитивање затезне чврстоће.

Сертификацију система менаџмента извршило је Акционарско друштво за испитивање квалитета "Квалитет" а.д. Ниш. Ливница „МИН – лив“ Ниш поседује сертификате система менаџмента према захтевима стандарда *SRPS ISO 9001:2008*, број сертификата *12003*; *SRPS ISO 14001:2005*, број сертификата *130010* и *SRPS OHSAS 18001:2007*, број сертификата *13008*. [73]

## A1. Процесни принос с подиндикаторима ливнице Ниш

Табела 5.37 Процесни принос у ливници Ниш

Подиндикатори	2009.год.			2010.год.			2011.год.		
	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза	Материја (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза
Материјал унет у пећ	1000,0	100%	100%	1800,0	100%	100%	2100,0	100%	100%
Губитци при топљењу	50,0	5,0%		90,0	5,0%		105,5	5,0%	
Течни метал	950,0	95,0%	95,0%	1710,0	95,0%	95%	1994,5	95,0%	95,0%
Чишћење и просипање	66,5	7%		136,8	8%		179,5	9%	
Метал у калупима	883,5	100%	88%	1573,2	100%	87%	1815,0	100%	86%
Хранитељи и уливни системи	309,2	35,0%		550,6	35,0%		635,2	35,0%	
Бруто одливци	574,3	65,0%	57,4%	1022,6	65,0%	56,8%	1179,8	65,0%	56,1%
Отпатци и шкарт	28,7	5%		46,0	4,5%		46,0	3,9%	
Отпремљени одливци	545,6	95,0%	54,5%	976,6	95,5%	54,2%	1133,8	96,1%	53,9%
Враћени одливци од купаца	5,4	1%		9,7	1%		11,3	1%	
Нето добри одливци	540,2	94,0%	54,0%	966,9	94,5%	53,7%	1122,4	95,1%	53,4%

Израчунате вредности кључних индикатора ливнице у Нишу дате су у табелама 5.37-5.43.

## A2. Ефикасност производње (OEE)

Табела 5.38 Ефикасност производње (OEE) у ливници Ниш

OEE	2009. год. наспрам улаза		2010. год. наспрам улаза		2011. год. наспрам улаза	
Планирано време производње	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Време отказа	64,8%		29,6%		22,8%	
Остварено време производње	35,2%	35,2%	70,4%	70,4%	77,2%	77,2%
Спори проток	8,1%		11,2%		17,9%	
Релативно време производње	91,9%	32,3%	88,8%	62,5%	82,1%	63,4%
Лоши калупи	5%		4,5%		3,95%	
Добри калупи	95,0%	30,7%	95,5%	59,7%	96,05%	60,9%
Отпадни одливци – шкарт	5,0%		4,5%		3,9%	
Време за које се одливак припреми за продају	90,0%	27,6%	91,5%	54,6%	91,1%	55,5%

## A3. Ефикасност опреме (TEEP)

Табела 5.39 Укупна ефикасност перформанси опреме (TEEP) у ливници Ниш

	2009. год.	2010. год.	2011. год.	Просек
TEEP (Укупна ефикасност перформанси опреме)	Подаци из упитника			
OEE	27,6%	54,6%	55,5%	45,9%
Часова годишње	1352	2704	2964	2340
Капацитет годишње	3840	3840	3840	3840
Тренутни производни капацитет	35,2%	70,4%	77,1%	60,9%
TEEP	15,4%	30,8%	33,8%	26,7%

## A4. Потрошња енергије

Табела 5.40 Потрошња енергије у ливници Ниш

		2009. год.	2010. год.	2011. год.	Просек
Потрошња енергије	Подаци из упитника				
Материјал унет у пећ	t	1000	1800	2100	1633,3
Потрошња енергије на топљењу	kWh	750000,0	1260000,0	1680000,0	1224975,0
Потрошња енергије по тони истопљеног лива	kWh/t	750	700	800	750
Него добри одливци	t	540,2	966,9	1122,4	876,5
Укупна потрошња енергије	kWh	502386,0	839269,2	1113420,8	942851,0
Потрошња енергије по тони одливака	kWh/t	930,0	868,0	992,0	1075,7

## A5. Потрошња песка

Табела 5.41 Потрошња песка у ливници Ниш

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња песка		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	540,2	966,9	1122,4	876,5
Нови песак	<i>t</i>	1700,0	2000	2400	2033,3
Песак за језгра	%	0	0	0	0
	<i>t</i>	0	0	0	0
Укупно песка за језгра	<i>t</i>	0	0	0	0
Укупно песка за ливење и језгра	<i>t</i>	0	0	0	0
Нови песак/тона	<i>t/t</i>	3,1	2,0	2,1	2,4
Регенерисан песак					
Песак за језгра који се додаје у систем	<i>t</i>	0	0	0	0
Нови песак додат у систем	<i>t</i>	0	0	0	0
Регенерисан песак	%	0	0	0	0

## A6. Потрошња свеже воде

Табела 5.42 Потрошња свеже воде у ливници Ниш

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Потрошња воде		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	540,2	966,9	1122,4	876,5
Потрошња воде	<i>m<sup>3</sup></i>	1350,5	2997,4	3367,2	2454,2
Потрошња воде /одливци	<i>m<sup>3</sup>/t</i>	2,5	3,1	3,0	2,8

## A7. Радна продуктивност

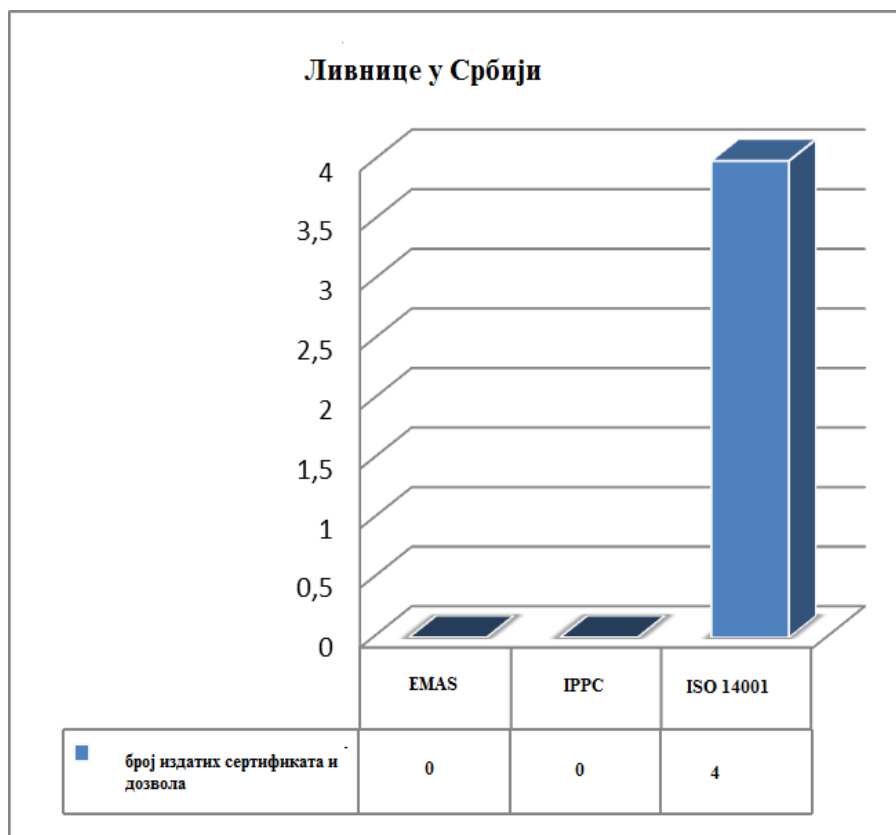
Табела 5.43 Радна продуктивност у ливници Ниш

		2009.год.	2010.год.	2011.год.	Просек
Радна продуктивност		Подаци из упитника			
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	540,2	966,9	1122,4	876,5
Број директних часова	<i>h</i>	92160	107520	159360	119040
Радна продуктивност (радника на час/тона добрих одливака)	<i>радника на h/t</i>	170,6	111,2	141,9	135,8
Број директних радника		48	56	83	62
Број менаџера		4	4	4	4
Однос особља	<i>однос</i>	12	14	20,7	15,5

Табела 5.44 Табеларни преглед индикатора заштите животне средине за шест најзначајних српских ливница

Табеларни преглед индикатора заштите животне средине за шест најзначајних српских ливница						
Индикатори заштите животне средине	Ливница Пожега	Ливница Топола	Ливница Копекс Лив Мин Ниш	Ливница Радијатор Зрењанин	Ливница Кикинда	Ливница Гуча
Сертификат ISO 14001:2004/ SRPS ISO 14001:2005	SRPS ISO 14001:2005 број сертификата ES 0005	ISO 14001:2004	SRPS ISO 14001:2005 број сертификата 130010	Нема	Нема	ISO 14001:2004 број сертификата 75 100 0486
IPPC дозвола	Није у обавези	У обавези, не поседује дозволу	Није у обавези	У обавези, не поседује дозволу	У обавези, не поседује дозволу	У обавези, не поседује дозволу
EMAS	Није сертифициван	Није сертифициван	Није сертифициван	Није сертифициван	Није сертифициван	Није сертифициван





*Слика 5.1 Број издатих сертификата и IPPC дозвола у ливницама у Србији*

У Србији постоје четири ливнице које имају сертифициван систем управљања заштитом животне средине према захтевима стандарда *ISO 14001*. Иако су ливнице које имају проиозводњу преко 20 тона/дан (ливница Гуча, Топола, Зрењанин и Кикинда) у обавези да прибаве *IPPC* дозволу, ниједна од њих није је прибавила. Такође, ни једна ливница није добила *EMAS* сертификат (слика 5.1). Све ливнице у Србији имају готово нерешив проблем око одлагања отпадне ливачке шљаке и отпадног ливачког песка. Према подацима Привредне коморе Србије, из априла 2015. године у Србији, у оквиру свих делатности, издато је 184 сертификата система управљања заштитом животне средине према захтевима стандарда *ISO 14001*, тако да сертификати издати ливницама чине свега 2,17%.

*EMAS* се дефинише као систем за управљање заштитом животне средине и шема провере (*Eco-Management and Audit Scheme*). *EMAS* омогућава добровољно учешће у шеми

управљања заштитом животне средине у државама чланицама *EU* и Европског економског простора.

Шема *EMAS*-а је у употреби од априла 1995. године. Најновија верзија (*EMAS III*), која је допуњена и побољшана, у примени је од 11. јануара 2010. године. Сврха *EMAS* шеме је промовисање непрекидног оцењивања и унапређења активности у области заштите животне средине организација учесница. [74] Према подацима портала Европске комисије за *EMAS* у Европи је регистровано 2950 *EMAS* сертификата, од тога у сектору металске производње 95 *EMAS* сертификата. Према подацима Светске организације за стандардизацију [75] доступним у априлу 2015. године, у свету у 171 земљи света, закључно с децембром 2013. године, сертифициковано је више од 301.647 система менаџмента заштитом животне средине према захтевима стандарда *ISO 14001*. Забележен је раст у броју издатих сертификата у односу на претходну годину за 6% , или (+16.996) издатих сертификата. Три водеће земље према броју издатих сертификата су Кина, Индија и Јапан.

*Табела 5.45 Преглед EMAS сертификата по земљама у Европи*

<i>AT</i>	Аустрија	<b>276</b>
<i>BE</i>	Белгија	<b>29</b>
<i>BG</i>	Бугарска	<b>3</b>
<i>CY</i>	Кипар	<b>35</b>
<i>CZ</i>	Чешка	<b>25</b>
<i>DE</i>	Немачка	<b>329</b>
<i>DK</i>	Данска	<b>48</b>
<i>EE</i>	Естонија	<b>7</b>
<i>ES</i>	Шпанија	<b>902</b>
<i>FI</i>	Финска	<b>4</b>
<i>FR</i>	Француска	<b>13</b>
<i>GR</i>	Грчка	<b>42</b>
<i>HR</i>	Хрватска	<b>0</b>
<i>HU</i>	Мађарска	<b>21</b>
<i>IE</i>	Исланд	<b>2</b>
<i>IT</i>	Италија	<b>1047</b>
<i>LT</i>	Литванија	<b>5</b>

<i>LU</i>	Луксембург	<i>1</i>
<i>LV</i>	Летонија	<i>0</i>
<i>MT</i>	Малта	<i>1</i>
<i>NL</i>	Холандија	<i>5</i>
<i>NO</i>	Норвешка	<i>9</i>
<i>PL</i>	Пољска	<i>44</i>
<i>PT</i>	Португал	<i>56</i>
<i>RO</i>	Румунија	<i>3</i>
<i>SE</i>	Шведска	<i>1</i>
<i>SI</i>	Словенија	<i>0</i>
<i>SK</i>	Словачка	<i>2</i>
<i>RS</i>	Србија	<i>0</i>
<i>UK</i>	Велика Британија	<i>40</i>
<b>Укупно EMAS сертификата у Европи:</b>		<b><i>2950</i></b>

На основу табеле 5.45 уочава се да за разлику од развијених европских земаља где се увелико сертификају организације према EMAS систему, у Србији али и у земљама бивше СФРЈ нема сертификованих организације према EMAS-у што свакако указује на чињеницу да ове земље заостају у испуњености законских прописа из области заштите животне средине за развијеним европским земљама.

#### **5.4 Упоредна анализа кључних индикатора перформанси пословања руске и европске индустрије ливарства са српском ливачком индустријом на основу истраживања спроведеног у шест српских ливница – доказ хипотезе 1**

Хипотеза 1: Кључни индикатори перформанси пословања у српским ливницама су на нижем нивоу у односу на европске и руске ливнице.

Како би се добили оквирни резултати о кључним индикаторима перформанси пословања ливница и показало како функционише систем мерења перформанси, спроведено је „пилот“ истраживање у ливници Гуча. Извршено је поређење кључних индикатора перформанси ливнице Гуча с кључним индикаторима ливница у EU, Русији и свету.

**Табела 5.46** Упоредна анализа кључних индикатора перформанси пословања руске, европске индустрије ливарства, као и земаља у развоју и Индији са српском ливачком индустријом на основу истраживања спроведеног у шест српских ливница [76]

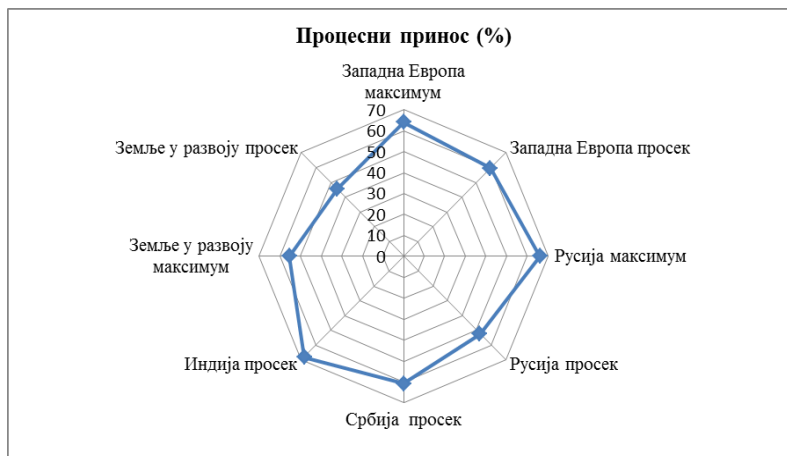
Кључни индикатори перформанси пословања ливница	Западна Европа		Русија		Србија	Индија	Земље у развоју	
	максимум	просек	максимум	просек	просек	просек	максимум	просек
Процесни принос (%) (4 подиндикатора)	64,1	59,5	66,2	52,3	60,7	68,1	55,3	45,5
Губитак при топљењу (%)	1,9	3,2	2,6	4,5	6,3	6,8	1,7	3,9
Чишћење и просипање (%)	2,4	3,0	1,7	3,3	2,9	4,6	2,4	2,8
Хранитељи и уливни системи (%)	31,5	34,5	29,3	39,3	25,6	19,7	41,2	47,7
Отпаци и шкарт (%)	2,1	3,4	2,2	6,7	7,8	4,6	2,0	6,9
Ефикасност производње (OEE) (%) (4 подиндикатора)	81,1	77,3	86,9	48,8	51,4	46,6	80,9	48,9
Време отказа (%) (нето оперативно време)	11,9	14,2	4,6	22,7	27,4	/	13,2	13,1
Спори проток	5,1	5,7	6,5	30,3	17,8	50,0	4,0	18,8
Лоши калупи	0,8	1,1	0,5	3,8	6,9	2,4	0,9	6,1
Искоришћеност опреме TEEP (%)	63,9	53,5	43,6	25,2	40,0	28,8	43,5	21,2
Потрошња енергије (kWh/по производу)								
За топљење (kWh/t истопљеног лива)	544	560	779	1164	816,5	1057	841	5152
За ливење (kWh/t изливенг лива)	1247	1453	3155	4506	1001,2	1770	3861	4121
Потрошња песка (по тони доброг одливка)								
Потрошња новог песка (по тони доброг одливка)	0,312	0,349	0,583	1,252	0,75	0,50	0,18	0,63
Стопа регенерације песка (%)	95,5	94,0	95,6	89,2	61,1	59,0	100	91,7
Потрошња свеже воде (m <sup>3</sup> /t доброг одливка)	0,76	0,90	17,10	144,89	6,7	/		
Радна продуктивност (људи на h/t добрих одливака)	15,1	21,0	26,7	75,2	103,4	48,9	34,7	65,1

Након „пилот“ истраживања, по истој методологији спроведено је истраживање о нивоу кључних индикатора перформанси пословања на нивоу шест српских ливница и извршено је њихово поређење с кључним индикаторима ливница у *EU*, Русији и свету.

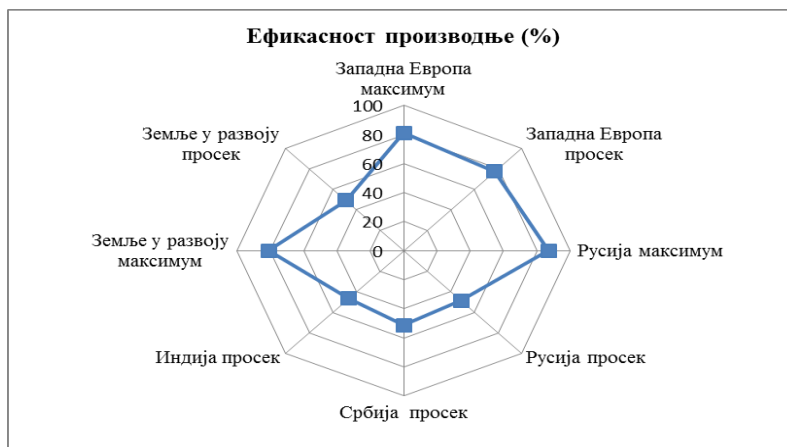
Резултати истраживања приказани су у табели 5.46 и на сликама (5.2 -5.8). Уочава се да су кључни индикатори перформанси пословања, процесни принос (%) и ефикасност производње *OEE* (%) српских ливница на знатно нижем нивоу него у руским и европским ливницама. Како ова два индикатора зависе од нивоа технологије и процеса, претпоставка је да су српске ливнице на нижем технолошком нивоу од руских и европских ливница.

Индикатори потрошња енергије ( $kWh$ /по производу), потрошња новог песка (по тони доброг одливка) и потрошња свеже воде ( $m^3$ / тона доброг одливка) зависе од финалног производа и технологије која се примењује у ливници па се из тог разлога може оправдати чињеница да су ови индикатори на nižем нивоу од руских и европских ливница.

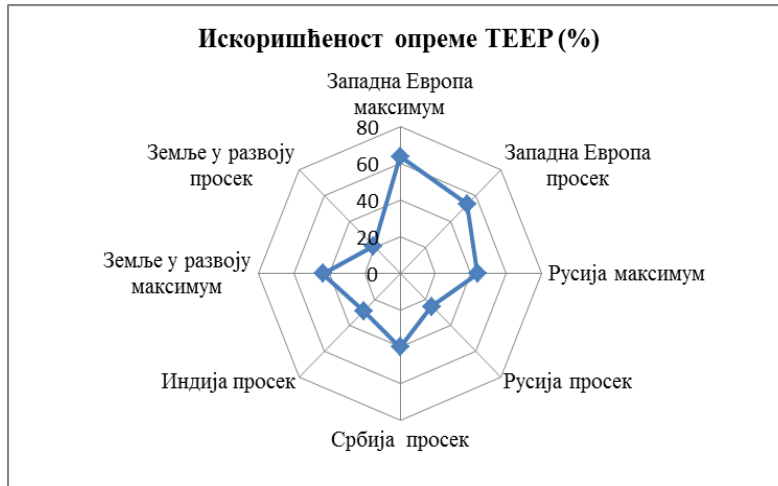
Преостали индикатори, искоришћеност опреме  $TEEP$  (%) и радна продуктивност (радника на час/тона добрих одливака) делом зависе од опреме а делом од устаљене праксе за обављање радних активности што само делом може оправдати чињеницу да су и ови индикатори на nižем нивоу од нивоа кључних индикатора у руским и европским ливницама.



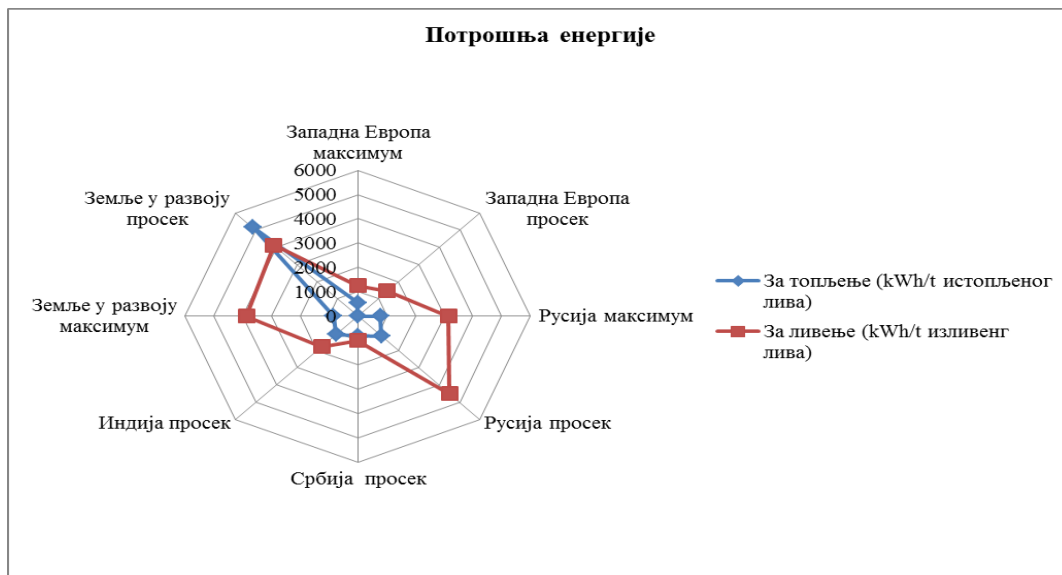
Слика 5.2 Процесни принос (%) - упоредна анализа



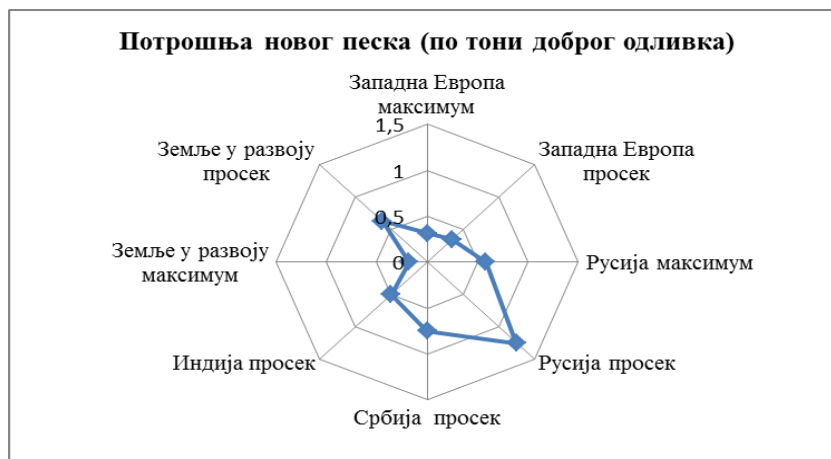
Слика 5.3 Ефикасност производње (%) - упоредна анализа



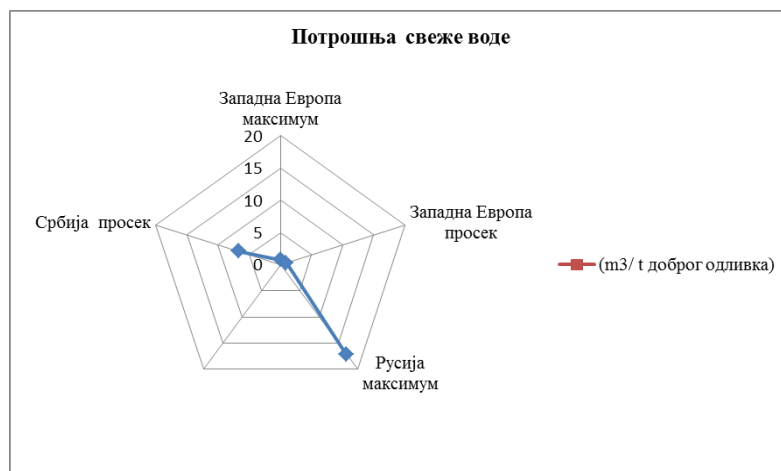
Слика 5.4 Искоришћеност опреме ТЕЕР (%) - упоредна анализа



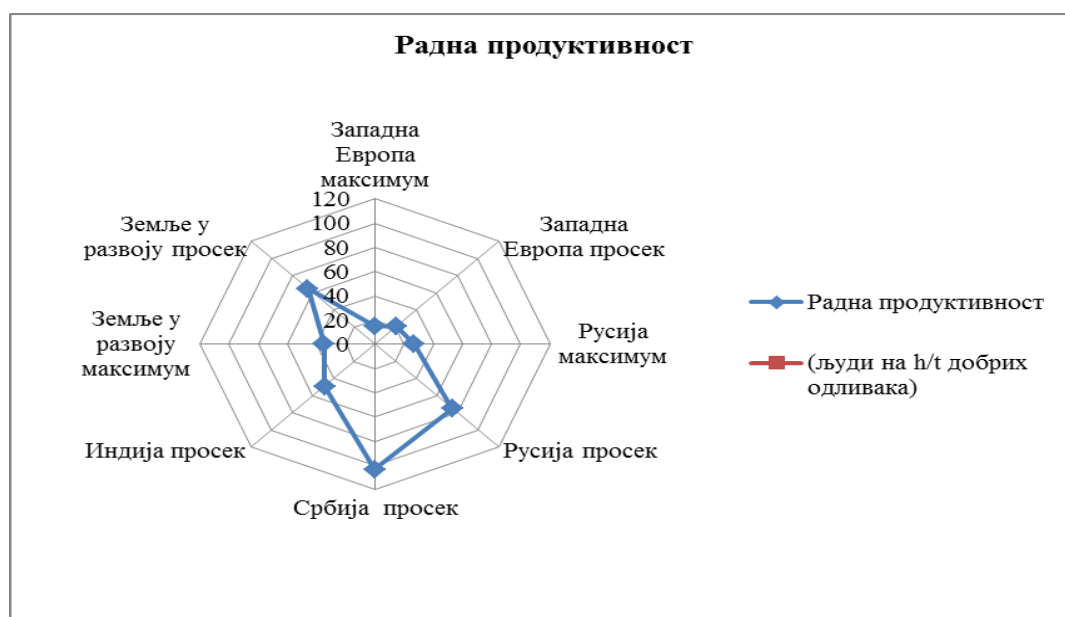
Слика 5.5 Потрошња енергије - упоредна анализа



Слика 5.6 Потрошња новог песка - упоредна анализа



Слика 5.7 Потрошња свеже воде - упоредна анализа



Слика 5.8 Радна продуктивност - упоредна анализа

На основу резултата приказаних у табели 5.46 и на сликама (5.2 -5.8) може се закључити да су сви кључни индикатори перформанси пословања у српским ливницама на nižем нивоу у односу на европске и руске ливнице.

Хипотеза је проверена и доказана детаљном анализом релевантне литературе која је настала пре и након пријаве дисертације, као и анализом испитиваног узорка на шест највећих српских ливница.

Хипотеза 1 представља основу даљег истраживања у дисертацији.

## VI BSC КОНЦЕПТ

*У шестом поглављу говори се о BSC концепту при мерењу перформанси базираном на четири перспективе. Размотрен је BSC концепт при мерењу перформанси и имплементацији стратегије у ливницама.*

*Коришћењем софтвера BSC DESIGNER, а на основу упитника, утврђени су кључни индикатори балансираних мерила перформанси пословања ливнице Гуча и других пет српских ливница. Након утврђивања мерила перформанси, спровођењем „пилот“ истраживања у ливници Гуча утврђене су: финансијске перспективе, перспективе односа с купцима, перспективе интерних процеса и перспективе учења и раста. Размотрена је анализа утицаја сваке перспективе на пословање ливнице Гуча с освртом на конкретне примере из праксе. „Пилот“ истраживање послужило је да би се спровело истраживање о перспективама српских ливница за шест најзначајних ливница у Србији. У овом делу се такође даје концептуални приказ и практични део решења у индустрији ливарства који приказују процес мерења балансираних мерила перформанси и утврђивање перспектива српских ливница, применом софтверског решења као једног могућег приступа овом проблему.*

*Испитан је утицај организационог учења у српским ливницама, као јединог трајног извора конкурентске предности предузећа на тржишту, преко интерних процеса на финансијске перспективе ливница.*

BSC концепт спада у савремене концепте система за мерење перформанси. Овај концепт иако веома млад, развијен је у последњој деценији двадесетог века, постаје водећи концепт за мерење перформанси компанија. Суштина концепта огледа се у томе што поред мерења мерљивих, финансијских параметара, концепт посматра и нефинансијске а веома битне параметре.

У оквиру и под покровитељством *Nolan Norton Institute* спроведена је студија „Мерење перформанси у организацији будућности“ аутора *David Norton*-а и *Robert Kaplan*-а. Резултат овог пројекта био је настанак BSC концепта. Концепт BSC настаје као последица недостатка међусобног прилагођавања и синхронизације алата за креирање и формулисање стратегије [77]. *Kaplan* и *Norton* дефинишу BSC као „скуп мера које дају топ менаџерима брз, али свеобухватан поглед на бизнис“. Први рад на тему балансираних



раних мерила перформанси „*Balanced Scorecard – Measures that Drive performance*“, Kaplan и Norton објавили су 1992. године и показали BSC систем за мерење перформанси организације. Kaplan и Norton, 1996. године у раду „*The Balanced Scorecard : Translating Strategy into Action*“ закључују да BSC прераста у посебан стратегијски систем а 2008. године закључују да еволуира у стратегијски менаџмент систем. Закључак произилази из књиге *The Execution Premium: Linking Strategy to Operations for Competitive Advantage*. [78]

Балансирана мерила перформанси визуелно се могу описати као инструмент табле. Ове табле менаџменту дају многе информације о пословању али не дају информацију о успешности организације. Рађање идеје BSC везује се за уочавање пилотске управљачке табле на којој се налазе инструменти који помажу пилотима при управљању авионом.[79] Како би се управљало авионом морају се пратити разни параметри: брзина, висина, потрошња горива, рад мотора, електроника и сл. Међутим, ако се прати само један од параметара не може се на основу њега управљати авионом већ се морају пратити сви параметри и држати у равнотежи тј. мора се балансирати њима. На исти начин треба управљати стратегијом компаније, односно пратећи више перспектива. Методологија се фокусира на више подручја осим финансијског аспекта.[80]

## 6.1 BSC перспективе

Према Kaplanу и Nortonу (1996) „*The Balanced Scorecard : Translating Strategy into Action*“ принцип BSC подразумева праћење и мерење перформанси компаније у четири области, односно у следећим перспективама пословања:

- финансијска перспектива;
- перспектива односа према купцима;
- перспектива интерних пословних процеса у организацији и
- перспектива учења и раста.

Мере дефинисане у свакој од четири наведене перспективе могу се извести из дефинисаних кључних индикатора перформанси и циљева који би требало да доведу до

реализације дефинисања пословне стратегије. Како се индикатори учинка дефинишу из постављених индикатора учинка, мере учинка дају увид у остварење постављених циљева организација.[81]

### **6.1.1 Финансијска перспектива**

Свакако да власника компаније занима што бољи финансијски резултат, тј. добит коју компанија остварује. Како би се повећао финансијски резултат компаније, односно њена профитабилност, издвајају се две стратегије:

- стратегија раста прихода кроз продају што више производа, односно услуга и
- стратегија повећања профитабилности компаније смањењем трошкова.

Стратегија раста прихода базира се на стварању нових извора прихода као и повећања профитабилности и састоји се од две компоненте: раст прихода и повећање продуктивности, што отвара велики спектар финансијских параметара перформанси за мерење критеријума успеха. Треба нагласити да финансијска перспектива може бити и шире посматрана, не само из угла власника, нарочито када се *BSC* користе у анализама јавних и државних предузећа, тада се у финансијску перспективу могу уврстити и други показатељи успеха гледано на ширу, општу корист тих предузећа за околину, односно друштво.[82]

### **6.1.2 Перспективе потрошача/купаца**

За ову перспективу кључно је питање: како нас виде наши корисници, односно купци?[83] Све организације, било да су профитабилне или не, производне или услужне, имају своје потрошаче односно купце. Задовољство купаца/потрошача, било у производним или услужним организацијама, у дужем временском периоду један је од основних циљева ових организација. Уколико желе опстати у данашњим условима пословања организације морају бити флексибилне у погледу задовољства свих жеља купаца и бити спремне да на време реагују у смислу развоја новог производа или услуге. Како *David P. Norton* закључује у раду „*Having Trouble with Your Strategy? Then Map It*“, *Harvard Business Review Sept.-Oct.*“ кључни елемент стратегије сваке организације чини стварање

вредности за купца/потрошача. Вредност за купце/потрошаче чини скуп карактеристика производа и услуга и однос с купцем/потрошачем као и корпоративни имиџ организације. Такође, стратегија треба да дефинише и однос с конкуренцијом и начин успостављања партнерског односа са жељеним купцем/потрошачем.[83] Приликом одабира показатеља за перспективе купца/потрошача од изузетне важности су одговори на наизглед два веома једноставна питања:

- ко су наши жељени купци/потрошачи?
- које им вредности можемо као организација понудити?

Замка, код ових наизглед једноставних питања, крије се у избегавању организација да се уско фокусирају већ своје производе нуде широком сегменту купаца/потрошача неутралишући тако врло значајан извор конкурентске предности а то је могућност постизања диференцијације.

### **6.1.3 Перспектива интерних пословних процеса у организацији**

Кључно питање перспективе интерних процеса је: „које циљеве треба реализовати у процесима у организацији како би се остварили циљеви финансијских перспектива и перспектива купаца“? *Kaplan* и *Norton* пословне процесе сврставају у следеће четири категорије:

- иновациони процеси (инвенција, развој производа, брзина допремања до тржишта);
- процеси управљања потрошачем (развој решења, услуге потрошачима, управљање односима с потрошачима, саветодавне услуге);
- оперативни процеси (производна ефикасност, смањење трошкова, побољшање квалитета, смањење времена производног циклуса, боље управљање капацитетом) и
- процеси везани за регулационо окружење и природну средину (безбедност и здравље на раду, заштита животне средине и друштвена одговорност).

Ови процеси су веома битни за сваку производну или услужну организацију. Међутим, у организацији је, зависно од њене основне делатности, неопходно идентификовати кључне

процесе за повећање успешног пословања и ти процеси морају заузети водећу улогу, тј. постати главни у мерењу успеха и континуираног побољшања. Перспективе интерних процеса не би требало да само обухватају побољшања постојећих процеса него развој и иновативност процеса који су окренути развоју нових производа и процеса у складу са жељама и очекивањима потенцијалних купаца.

#### **6.1.4 Перспективе учења и раста - *conditio sine qua non* одрживог развоја**

Перспективе учења и раста мере стратешке потенцијале информационог система, људске потенцијале и ниво остварења мотивације и остваривања циљева. Идеје за побољшање и унапређење интерних процеса требало би да потекну од запослених који учествују у наведеним процесима и у контакту су с производима и купцима. У оквиру ових перспектива потребно је идентификовати индикаторе као што су задовољство запослених, мотивација, флексибилност, константно учење, склоност ка тимском раду и оријентација на успостављене циљеве. Основу за остварење финансијских, привредних и пословних циљева стварају перспективе учења и развоја па се може одредити велики значај инвестиција у погледу инфраструктуре у наведеном сегменту. [84]

### **6.2 BSC концепт при мерењу перформанси и имплементацији стратегије у ливницама**

BSC концепт, као концепт за руковођење перформансама и њиховим мерењем, има велику практичну примену у скоро свим индустријским гранама али не и у ливарству. Иако постоји више од две и по деценије и представља један од најсавременијих алата за дефинисање стратегије, имплементације и праћење стратегијских праваца, а све кроз мрежу (*Business Performance Management – BМР*) и управљање компанијским перформансама, своју примену није нашао ни у једној од српских ливница. [85]

#### **6.2.1 Финансијске перспективе у ливницама**

Финансијски циљеви у ливницама су од изузетног значаја за њихов опстанак на тржишту па се као такви односе на неку од мера профитабилности. Веома често се ови циљеви, а

нарочитио у ливницама које немају развијен неки од система мерења перформанси, а ливнице у Србији свакако немају развијен систем мерења перформанси, посматрају као најбитнији или једини, што је свакако застарело размишљање и размишљање које не може довести до очекиваних резултата. Применом балансираних мерила перформанси, које се све више уводе у компаније, финансијска перспектива постаје само једна од перспектива, односно погледа на пословање компанија. Применом балансираних мерила перформанси у ливницама, циљеви би могли да се остваре на два начина:

- растом прихода продајом што већег броја финалисаних одливака, односно одливака претходно машински обрађених; (купац нема проблема с обрадом и шкартом услед скривених мана),
- растом продуктивности, односно свођењем трошкова на минимум ( бољом употребом материјала, бољим коришћењем капацитета, бољом радном продуктивношћу, оптимизацијом и унапређењем технолошког процеса). У табели 6.1 приказане су финансијске перспективе у ливницама.

Табела 6.1 Финансијске перспективе у ливницама

Финансијска перспектива у ливницама	
перформанса	мера реализације циља
Стопа нето приноса на укупну пословну имовину ( <i>return on assets - ROA</i> )	$ROA = \text{Нето добит} / \text{просечна укупна пословна имовина}$
Добит пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит ( <i>EBITDA</i> )	$EBITDA = (\text{Пословни добитак} + \text{амортизација}) / \text{пословних приходи}$
Рацио опште ликвидности	$ROL = \text{обртна средства} / \text{краткорочне обавезе}$
Коефицијент обрта основних средстава	$KOObS = \text{укупан приход} / \text{основна средства}$
Коефицијент обрта обртних средстава	$KOoSS = \text{укупан приход} / \text{обртна средства}$
Солвентност=Покривеност дугорочне имовине дугорочним изворима финансирања	Солвентност=(стална имовина+залихе)/(дугорочна резервисања и обавезе +капитал)

Модификовано према [86]

### 6.2.1.1 Стопа нето приноса на укупну пословну имовину (*return on assets - ROA*)

„Као показатељ зарађивачке моћи предузећа доста се фреквентно користи стопа нето приноса на укупну пословну имовину (*return on assets - ROA*), која нето добитак супротставља укупним пословним средствима предузећа. У суштини, нето добитак представља апсолутни вишак прихода над расходима и износ који би могао да буде

*извучен из предузећа а да оно у несмањеном обиму може да настави процес активности. Као такав нето добитак се сматра извором финансирања предузећа из пословања и изразом стварног нето прираста ангажоване имовине. Због тога се ROA у англо-саксонској пословној пракси уобичајено користи приликом оцене укамаћења капитала и поређења зарађивачке моћи између различитих предузећа“.[87,88]*

### **6.2.1.2 Добит пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит (EBITDA)**

*EBITDA (Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization) преводи се као профит пре него што се одузме камата, порез на добит и амортизација. [89] EBITDA обухвата добит предузећа не узимајући у обзир расходе камата, порезе и амортизацију предузећа. Овај показатељ пружа значајнију меру зарађивачке способности компаније. [90]*

### **6.2.1.3 Ликвидност предузећа**

*Ликвидност се обично дефинише као способност предузећа да извршава новчане обавезе у пуном износу и на време, а да при томе очува потребан обим и структуру обртних средстава за обављање текућег пословања и кредитни бонитет.*

Ликвидност по дефиницији представља статичан концепт, мада сталне промене краткорочних обавеза предузећа и готовине стварају илузију динамичности. Рацио анализа ликвидности треба да пружи информациону основу за одговор на питање: „да ли предузеће располаже с довољно готовине и утрживих средстава да одговори обавезама које доспевају?“.

При томе се под утрживим средствима обично подразумевају делови обртне имовине предузећа (потраживања и залихе), који се у нормалним околностима релативно лако и брзо (пре доспећа обавеза) могу конвертовати у готовину по важећој тржишној цени. У литератури је познат као „рацио ликвидности предузећа“, а представља меру способности предузећа да одговори на доспеле обавезе плаћања:  $\text{рацио текуће ликвидности} = \frac{\text{текућа односно обртна средства}}{\text{краткорочне обавезе}}$ . [91,92]

#### **6.2.1.4 Коефицијент обрта основних средстава**

Коефицијент обрта основних средстава представља ниво пословних прихода који продукују улагања у основна средства. [87] Коефицијент обрта основних средстава  $KOOoS = \text{укупан приход} / \text{основна средства}$ .

#### **6.2.1.5 Коефицијент обрта обртних средстава**

Коефицијент обрта укупних обртних средстава представља меру за оцену успешности управљања укупним обртним средствима. Утврђује се из односа следећих величина: (укупан приход по цени коштања) / (просечно коришћена обртна средства).  $KOOoS = \text{укупан приход} / \text{обртна средства}$ .

Коефицијент обрта показује колико се пута обртна средства обрну у току неког временског периода (најчешће у току једне године). Обично се сматра да је предузеће успешније уколико је коефицијент обрта већи. Уколико је обрт средстава већи, утолико је неопходно мање ангажовати средства за извршење одређених пословних циљева и обрнуто. Међутим, висок коефицијент обрта може бити последица малих залиха и недовољних наруџбина за њихово обнављање. Насупрот томе, низак коефицијент обрта може указивати на спору циркулацију обртних средстава и појаву некурентних залиха. [87]

#### **6.2.1.6 Солвентност**

Солвентност је дугорочна платежна способност предузећа, односно способност привредног субјекта да измири своје обавезе у износу и року доспећа. Мери се односом расположивих новчаних средстава и доспелих обавеза плаћања. За разлику од ликвидности, солвентност показује да ли привредни субјект може да измири све своје обавезе па макар и из ликвидационе масе. Анализа солвентности усмерена је на дугорочну финансијску стабилност предузећа.

Солвентност се утврђује из односа: (стална имовина+залихе)/(дугорочна резервисања и обавезе+капитал).[93] Основа прорачуна кључних перформанси предузећа из перспективе менаџмента (власника) су изводи из биланса стања и биланса успеха предузећа.

### 6.2.2 Перспективе односа с купцима у ливницама

Елементи који се преиспитују приликом анализе задовољства купаца у оквиру једне ливнице су:

- задовољство купца на свим нивоима сарадње мерено индикатором задовољства купца;
- квалитет производа;
- рокови испоруке производа и
- лојалност купца.

Табела 6.2 Перспективе односа с купцем у ливницама

Перспектива односа с купцем у ливницама	
перформанса	мера реализације циља
Задовољство купца на свим нивоима сарадње мерено индикатором задовољства купца	Степен задовољства на свим нивоима сарадње
Квалитет производа	Степен задовољства купаца квалитетом производа
Одговорност у испоруци	Испорука у року
Лојалност купца	Рекламације/ Процент враћених одливака од купца

Модификовано према [86]

### 6.2.3 Перспективне интерних процеса у ливницама

Интерни процеси у ливницама као једна од четири перспективе балансираних мерила перформанси могу се поделити на:

- менаџмент процесе (лидерство, менаџмент квалитетом (*QMS*, *EMS* и *OHSAS*));
- процесе управљања производњом;
- процесе развоја;
- комерцијално – финансијске процесе (продаја, набавка, маркетинг, финансије...);
- процесе логистике (одржавање и транспорт).



Најзначајније перспективе интерних процеса у ливницама са становишта производне компететивности, менаџмента процеса, безбедности и здравља на раду, заштите животне средине, према аутору ове дисертације, дате су у табели 6.3.

У овој дисертацији, у погледу интерних процеса, акценат је стављен на процесе који се односе на управљање производњом док је мањи акценат стављен на комерцијалне процесе (продаја, набавка, маркетинг) и процесе логистике (одржавање и транспорт).

*Табела 6.3 Перспективе интерних процеса у ливницама*

<b>Перспектива интерних процеса у ливницама</b>	
<b>перформанса</b>	<b>мера реализације циља</b>
<b>Производна компететивност</b>	Процесни принос Ефикасност производње ( <i>OEE</i> ) Искоришћеност опреме ( <i>TEEP</i> ) Потрошња енергије Потрошња воде Потрошња песка Радна продуктивност
<b>Менаџмент процеси</b>	Поседовање сертификата <i>ISO 9001</i>
<b>Безбедност и здравље на раду</b>	Процент обучених радника Процент исправне опреме и оруђа за рад
<b>Заштита животне средине</b>	Поседовање сертификата <i>ISO 14001</i> Испуњеност свих законских прописа из области заштите животне средине ( <i>EMAS</i> сертификат)

Модификовано према [86]

## 6.2.4 Перспектива учења и раста

Приликом мерења перспективе учења и раста у једној ливници, један од основних задатака јесте да се изврши мерење нематеријалне вредности ливнице чија вредност је често вишеструко већа од материјалне вредности. Перспективе учења и раста могу се поделити у четири групе:

- технологије;
- људски ресурси (запослени у ливници);
- информациони системи (информациони капитал) и
- знање.

Када се разматра ниво технологије у оквиру перспективе раста и учења у ливницама пре свега треба обратити посебну пажњу на ниво степена аутоматизације приликом калуповања. Према степену аутоматизације израде калупа ливнице се деле на оне с:

- ручном израдом калупа;
- полуаутоматском израдом калупа (формат машине...);
- аутоматском израдом калупа (*Disamatic* линија...).

#### **6.2.4.1 Људски ресурси**

Да би једна организација попут ливнице адекватно обављала све предвиђене активности неопходно је да пре свега изврши регрутовање и селекцију људских ресурса (запослених у ливници) како би се обезбедила њихова компететивност и мотивисане их задржали у ливници уз адекватну награду.[94]

У циљу одређивања перспектива учења и раста у ливницама треба издвојити перформансе компететивност запослених и приврженост предузећу. Њихова мера требало би да се одреди временом развоја нове генерације запослених и процентом одлазака из предузећа. Када се говори о информационим системима односно информационом капиталу у ливницама треба истаћи чињеницу да с развојем софтвера и хардвера, рачунари постају једно од незаменљивих средстава за рад у свим организацијама, па и у ливницама. Осим примене у пројектовању и развоју (израда модела и алата) рачунари примену у ливницама имају и у управљању производном опремом ( *CNC* машине за израду алата и модела, аутоматске линије за калуповање и припрему песка...) управљању контролним процесима и мерном опремом. Свакако да интеграција свих процеса и њихово повезивање у јединствен информациони систем представља императив за менаџмент ливница као алтернатива менаџменту се нуди велики број парцијалних система како за управљање производњом тако и за управљање финансијама, магацинским пословањем и лабораторијом. Ливнице имају две стратегије за коришћења информационих система, једна је пројектовање и имплементација властитог информационог система за управљање организацијом и друга куповина комерцијалних софтвера. Ни за један информациони систем се не може рећи да је добар или лош али највероватније ни један систем не садржи

све што је неопходно за управљање производном организацијом, у овом случају ливницом. Са становништа перспектива учења и раста које се односе на ниво информационог капитала неопходно је утврдити ниво примене информационих система у ливницама. Неопходно је утврдити постоји ли информациони систем и уколико постоји да ли се ради о комерцијалним софтверима који се односе на поједине процесе (продаја, набавка, финансије) или се ради о властитом информационом систему на нивоу целе компаније. [95]

Према Требјешанину, знање се дефинише као: „*систематизовано, логички организовано, проверено и прерађено искуство у чију смо исправност оправдано уверени. Оно обухвата низ утврђених чињеница, теза, принципа и теорија ужег и ширег обима*“. [96]

На ниво знања запослених гледа се као на „имовину предузећа“ тј. као на значајне ресурсе ливнице (људске ресурсе). Најзначајније перформансе перспектива учења и раста у ливницама дате су у табели 6.4.

Табела 6.4 Перспективе учења и раста у ливницама

Перспектива учења и раста у ливницама	
перформанса	мера реализације циља
Ниво технологије у ливници	Ручно калуповање?
	Полуаутоматско калуповање?
	Аутоматско калуповање?
Ниво примене информационог система	Постоји ли властити информациони систем?
	Користи ли се комерцијални софтвер и у којим процесима?
Ниво знања (према оцени менаџмента)	Улагање у интелектуални капитал. Едукација.

### 6.3 „Пилот“ истраживање балансираних мерила перформанси

Како би се добили оквирни резултати балансираних мерила перформанси српских ливница и показало како функционише систем анализе, спроведено је „пилот“ истраживање на нивоу једне ливнице. Као узорак за спровођење „пилот“ истраживања узета је ливница Гуча. Користећи софтвер *BSC DESIGNER* (<http://www.bscdesigner.com/>) [97] а на основу упитника [Прилог I] утврђени су кључни индикатори балансираних

мерила перформанси пословања ливнице Гуча. За прикупљање квантитативних података употребљена је метода анкетирања. Анкетни упитник обликован је на начин описан у тачци 2.4.1, за изворе података коришћени су подаци из тачке 2.4.2, док је спровођење и реализација истраживања идентична ономе описаном у тачци 2.4.3 и у табели 2.2.

Ово је прво истраживања на подручју Србије, у погледу утврђивања кључних индикатора балансираних мерила перформанси у индустрији ливарства. Истраживање је тако структурирано да омогућава поређење или могуће поновно извођење након одређеног времена. Како је аутор ове дисертације био предстваник руководства за квалитет Индустријског комбината „Гуча“ а.д., део улазних елемената преиспитивања коришћени су за формирање упитника. Упитником су обухваћена питања која се односе на балансирана мерила перформанси пословања у индустрији ливарства.

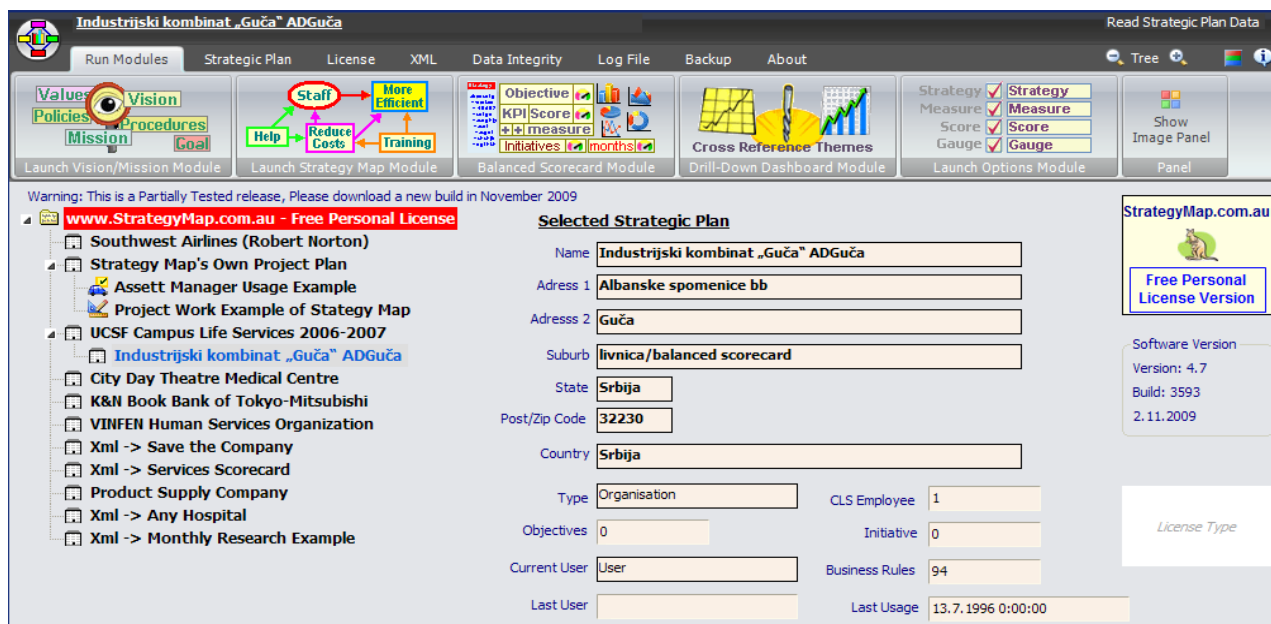
Истраживање у форми „пилот“ пројекта било је у функцији осмишљавања методологије истраживања која ће се вршити на нивоу шест највећих српских ливница.

## **6.4 Резултати „пилот“ истраживање балансираних мерила перформанси у ливници Гуча**

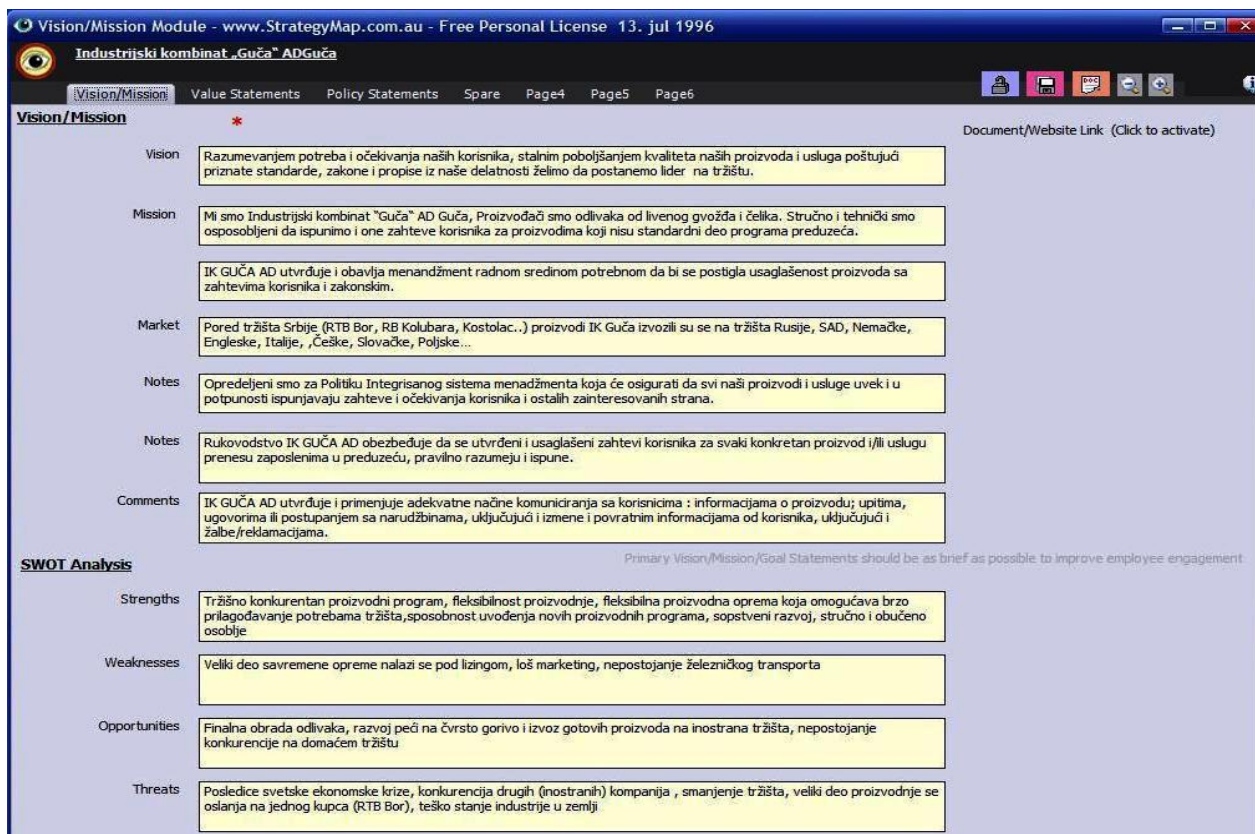
Иако на хиљаде организација широм света примењује *BSC* за успешну имплементацију њихове стратегије, ипак пре имплементације стратегије мора се јасно дефинисати визија и мисија организације. Мисија је разлог постојања организације и уско је повезана с њеним будућим активностима, док визија представља будућу слику организације која се жели постићи.[98]

Стратегија је скуп дефинисаних циљева које треба постићи, одређивањем начина како их постићи све у циљу остваривања мисије и кретања према дефинисаној визији.[99] Политика је скуп основних принципа и припадајућих смерница којима се усмеравају и лимитирају активности у циљу остваривања дугорочних циљева. *BSC* је основно средство за имплементацију стратегије и то за она предузећа која имају јасно дефинисану стратегију. Ипак, пракса је показала да се *BSC* концеп може примењивати у различите сврхе. *Kaplan* и *Norton* инсистирају на стриктном поштовању архитектуре *BSC* са четири

перспективе, али инсистирају и на логици стратегијског мапирања.[100] На сликама 6.1 - 6.15 приказане су стратегије, визије и мисије за шест српских ливница.



Слика 6.1 Стратегијски план ИК „Гуча“ а.д. Гуча



Слика 6.2 Визија/Мисија, циљеви и SWOT анализа ИК „Гуча“ а.д. Гуча

Vision/Mission Module - www.StrategyMap.com.au - Free Personal License 13. jul 1996

Industrijski kombinat „Guča“ ADGuča

Vision/Mission Value Statements Policy Statements Spare Page4 Page5 Page6

**Value Statements** \*

Document/Website Link (Click to activate)

Generalni direktor IK « GUČA »AD odgovoran je da izvrši preispitivanje zahteva koji se odnosi na proizvod pre prihvatanja obaveze da se proizvod isporuži korisniku i ovo preispitivanje mora da osigura:

da svi zahtevi za proizvod budu definisani; da IK GUČA preispita sopstvene mogućnosti da ispuni utvrđene zahteve

da se razreše zahtevi iz ugovora ili narudžbenice koji se razlikuju od onih koji su prethodno bili iskazani;

da su razrešene sve razlike između zahteva ugovora ili narudžbe i prethodno utvrđenih zahteva (na primer u ponudi)

Work Environment IK GUČA AD definiše i održava ljudske i fizičke faktore, faktore okruženja kao što su buka, temperatura, vlažnost, osvetljenost, vremenski uslovi i čistoća koji su neophodni za postizanje usaglašenosti proizvoda i usluga u procesu rada i radnim prostorima

Customer service Rukovodstvo IK GUČA AD utvrđuje i specifikira sve potrebe i očekivanja korisnika u obliku skupa definisanih i usaglašenih zahteva za proizvodom/uslugom, uključujući i zahteve propisa, normativnih dokumenata i internih standarda kvaliteta,

u čiju ispunjavanja zahteva korisnika i povećavanja njegovog zadovoljenja, uključujući i očekivanja korisnika za zdravstveno bezbednim proizvodima. Za utvrđene zahteve, rukovodstvo IK GUČA AD definiše: sve potrebne aktivnosti, odgovornosti,

neophodne resurse, podršku i rokove za njihovo zadovoljenje, identifikuje rizike koji prouzrokuju aktivnosti, proizvodi i usluge organizacije na zdravlje i bezbednost na radu i preduzima mere da se ovu uticaji smanje, obaveštava

zainteresovane strane o informacijama vezanim za bezbednost i zdravlje na radu, poštuju odgovarajuće zakonske i druge zahteve koji se odnose na zdravlje i bezbednost na radu i utvrđuje one aspekte koji imaju/mogu imati značajan uticaj na životnu sredinu.

Слика 6.3 Циљеви ИК „Гуча“ а.д. Гуча

Vision/Mission Module - www.StrategyMap.com.au - Free Personal License 13. jul 1996

Industrijski kombinat „Guča“ ADGuča

Vision/Mission Value Statements Policy Statements Spare Page4 Page5 Page6

**Policy Statements** \*

Document/Website Link (Click to activate)

Overview Sastavni deo Poslovne politike IK « GUČA »ADje politika Integrisanog sistema menadžmenta kojom IK « GUČA »AD definiše opšte namere i ciljeve u pogledu Integrisanog sistema menadžmenta.

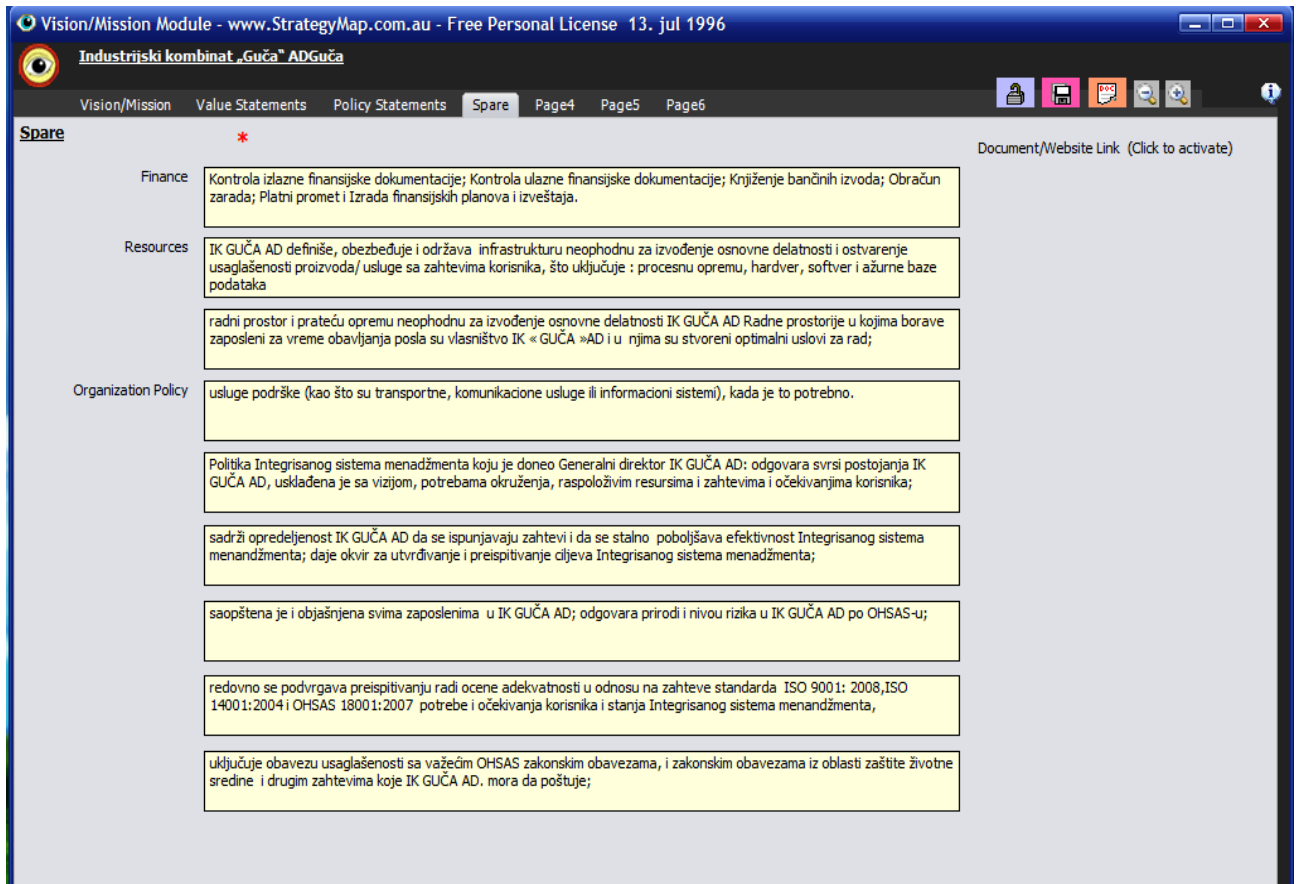
Technology Readiness Livnica je tehnički i tehnološki opremljena za livenje odlivaka za potrebe rudarske industrije, elektro privrede, građevinarstva, cementara, auto industrije i industrije traktora, termo industrije, mašinske industrije.

Proizvodnja sivog liva vrši se u mrežno – frekventnim indukcionim pećima kapaciteta 8 tona (ukupno tri peći), jednoj srednje frekventnoj peći od 8 tona i receptora kapaciteta 25 tona čija je funkcija održavanje liva na adekvatnoj temperaturi

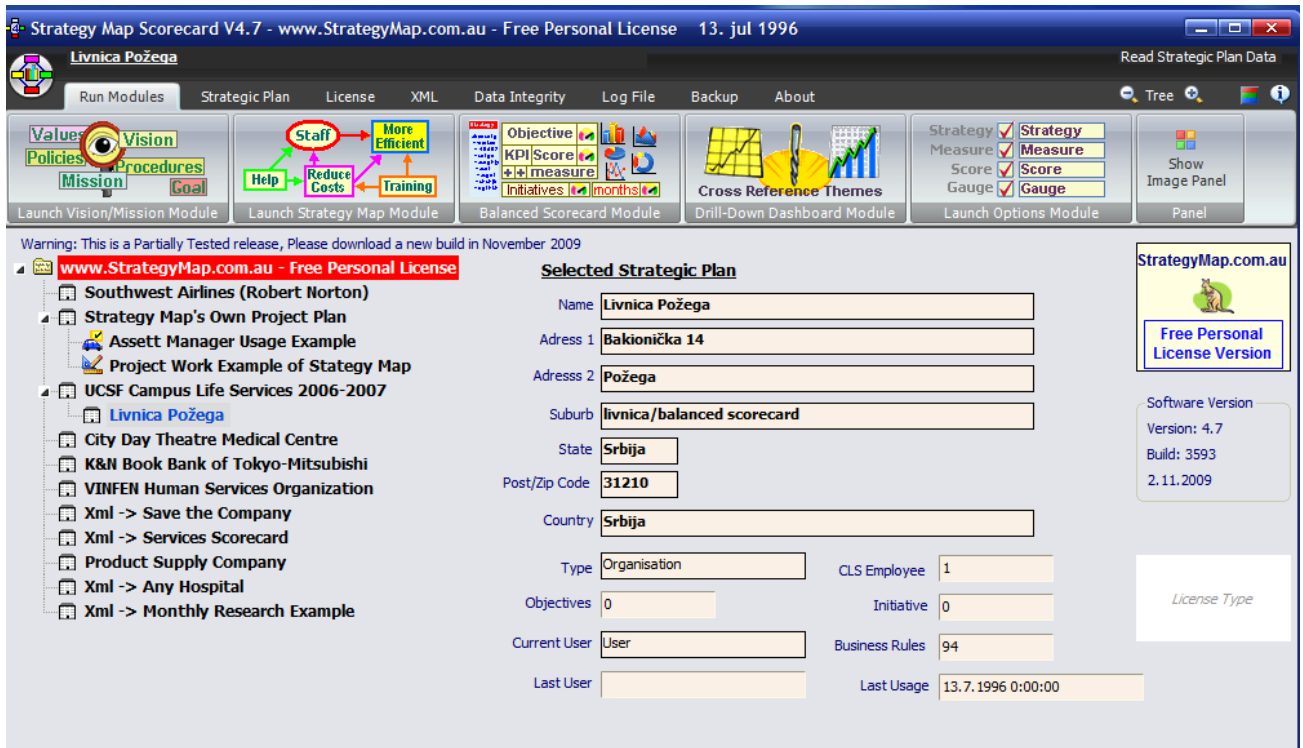
Za proizvodnju odlivaka od čelika RJ "Livnica" poseduje dve srednjefrekventne peći kapaciteta 0,3 tone i 0,6 tona. IK Guča poseduje savremenu automatsku liniju za mašinsko kalupovanje Disamatik 2013MK4 kapaciteta 250 kalupa/h (dimenzije ploče 650x525mm).

Horizontalnu poluautomatsku liniju za mašinsko kalupovanje kapaciteta 20 kalupa/h (1000x800x150-300mm). U RJ "Alatnica metal guma" instalirana je oprema za izvođenje mašinske obrade i bravarskih usluga, kako za potrebe I.K. "Guča" tako i za treća lica.

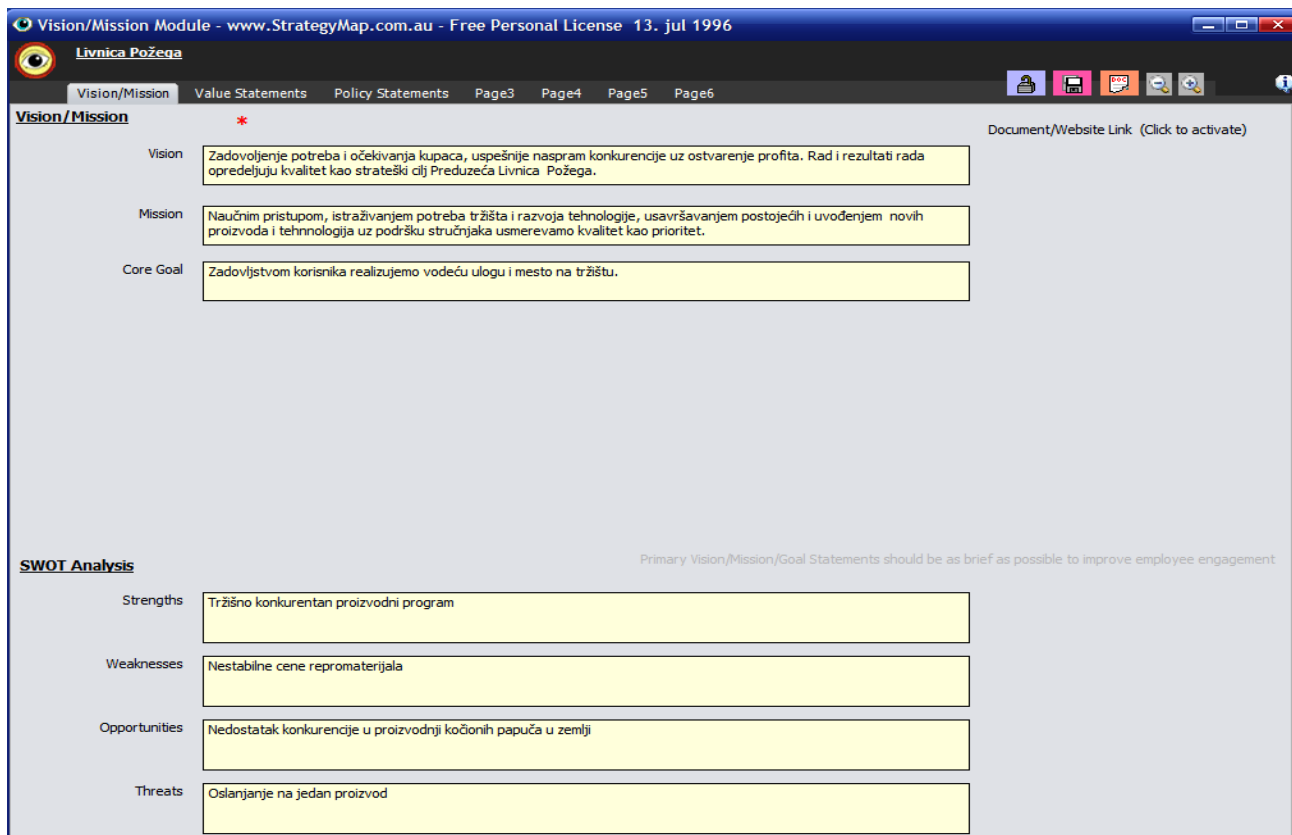
Слика 6.4 Изјава о политици ИК „Гуча“ а.д. Гуча



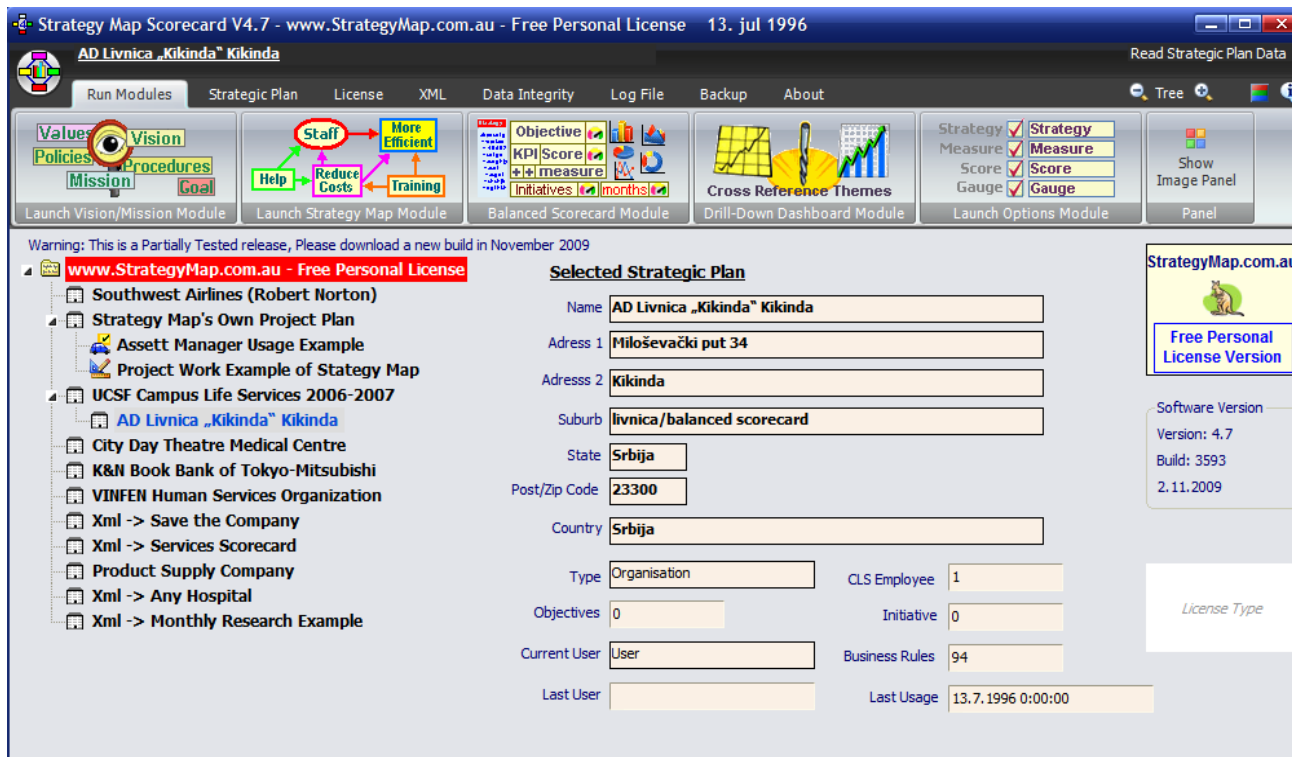
Слика 6.5 Изјава ИК „Гуча“ а.д. Гуча



Слика 6.6 Стратегијски план ливнице Пожега

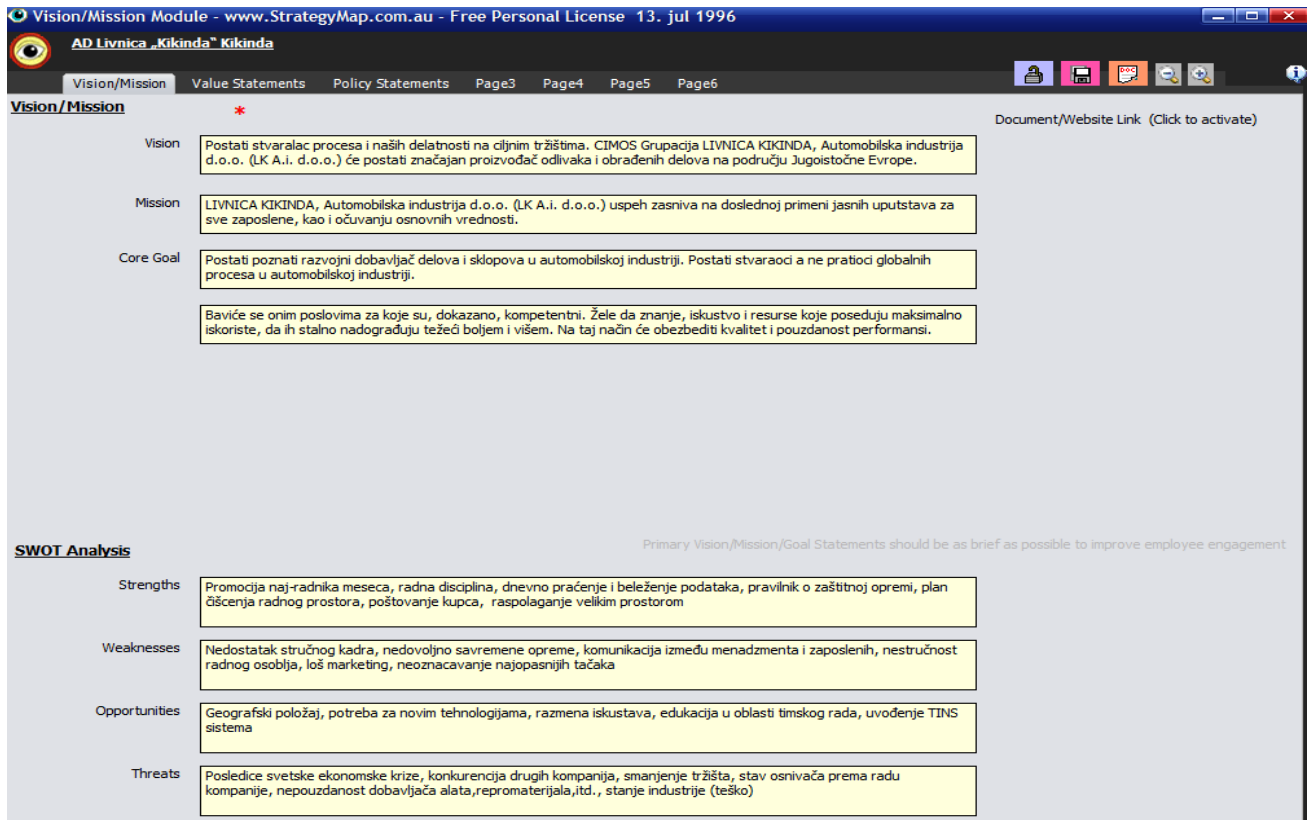


Слика 6.7 Визија/Мисија, циљеви и SWOT анализа ливнице Пожега

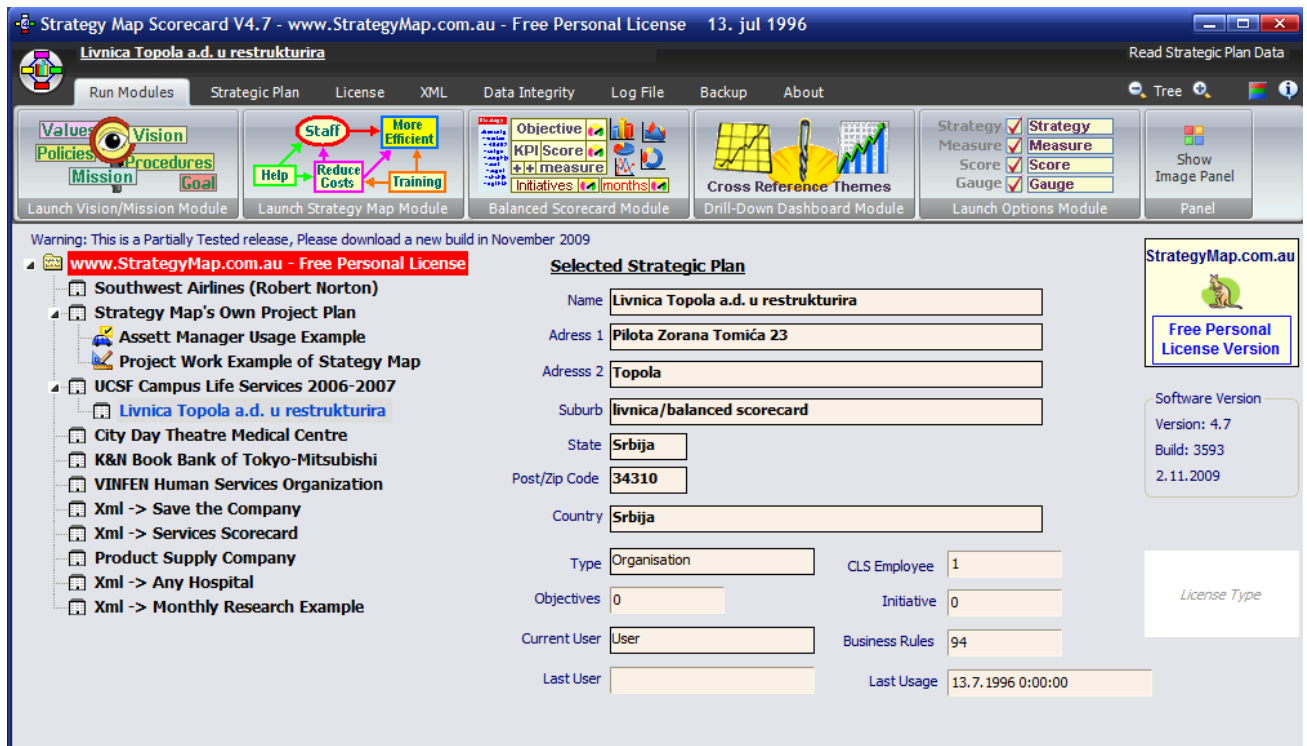


Слика 6.8 Стратегијски план а.д. ливнице „Кикинда“

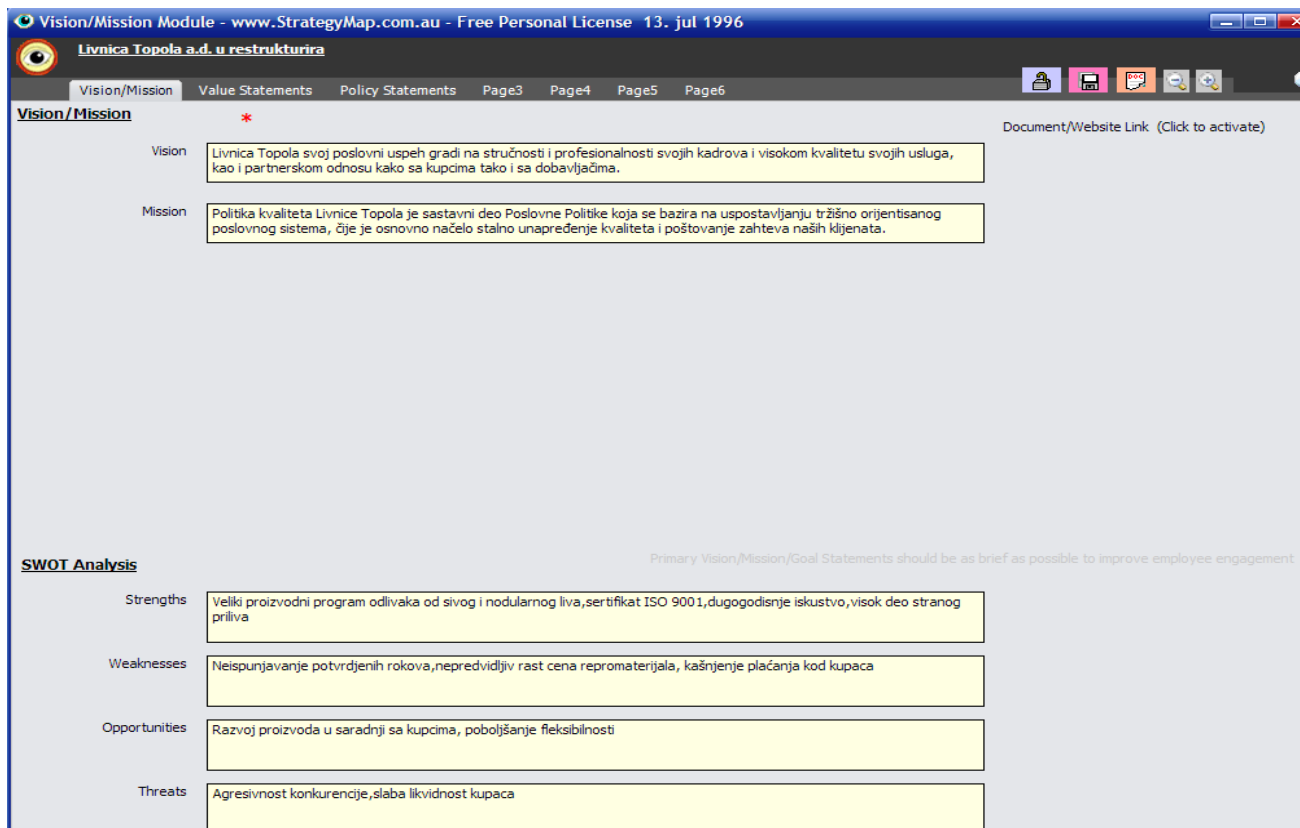




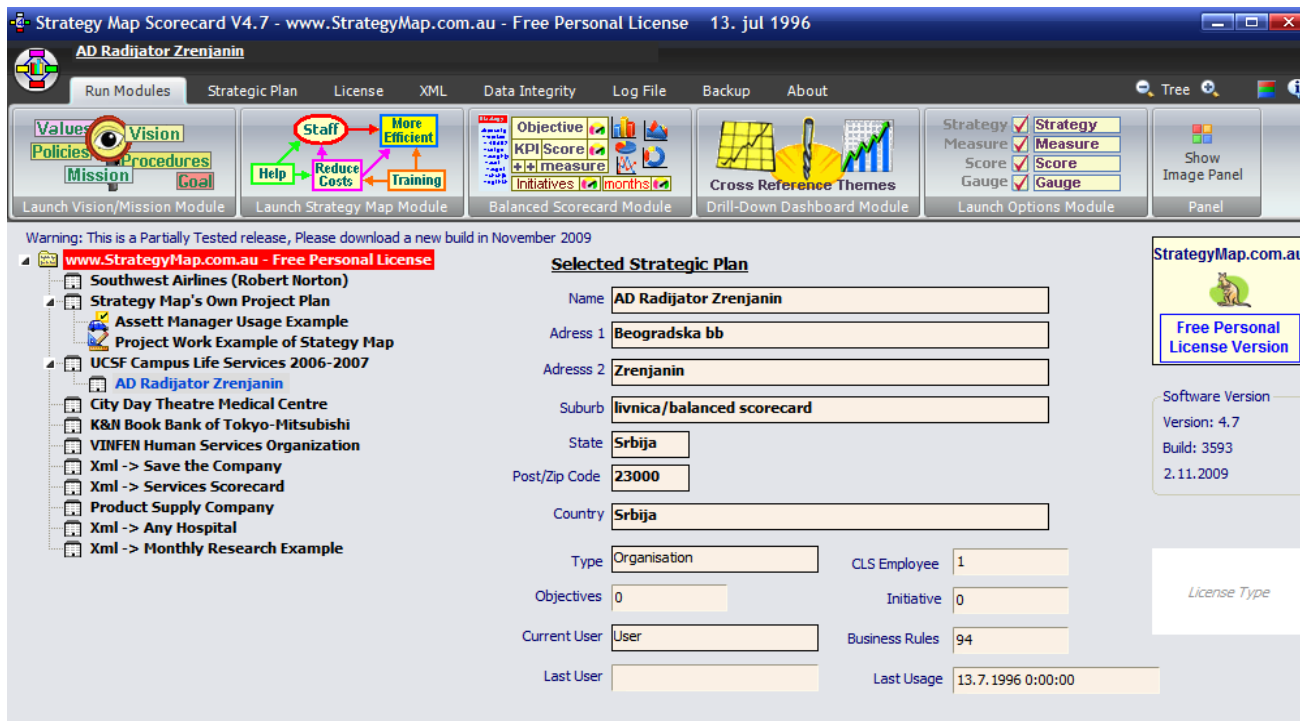
Слика 6.9 Визија/Мисија, циљеви и SWOT анализа а.д. ливнице „Кикинда“



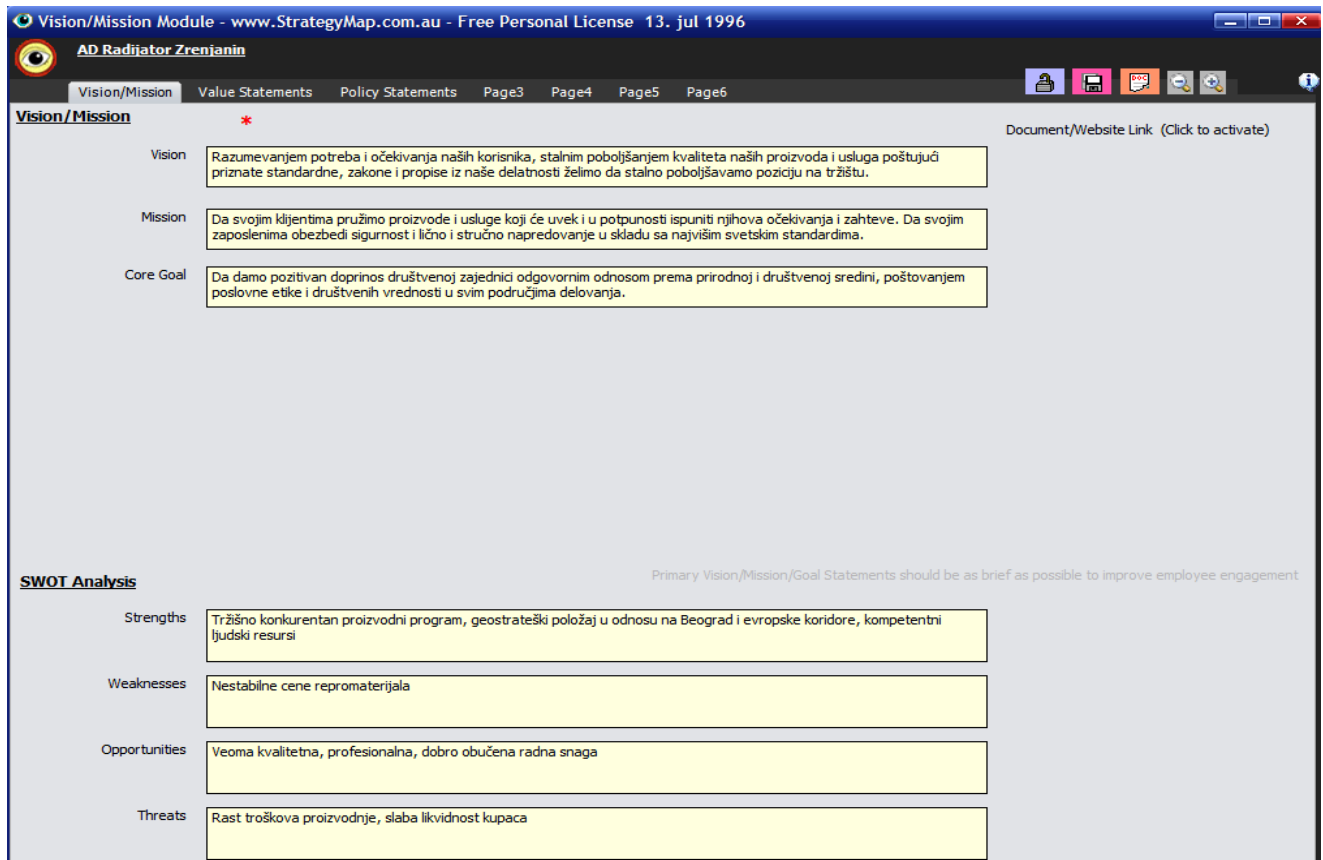
Слика 6.10 Стратегијски план ливнице Топола а.д. у реструктурирању



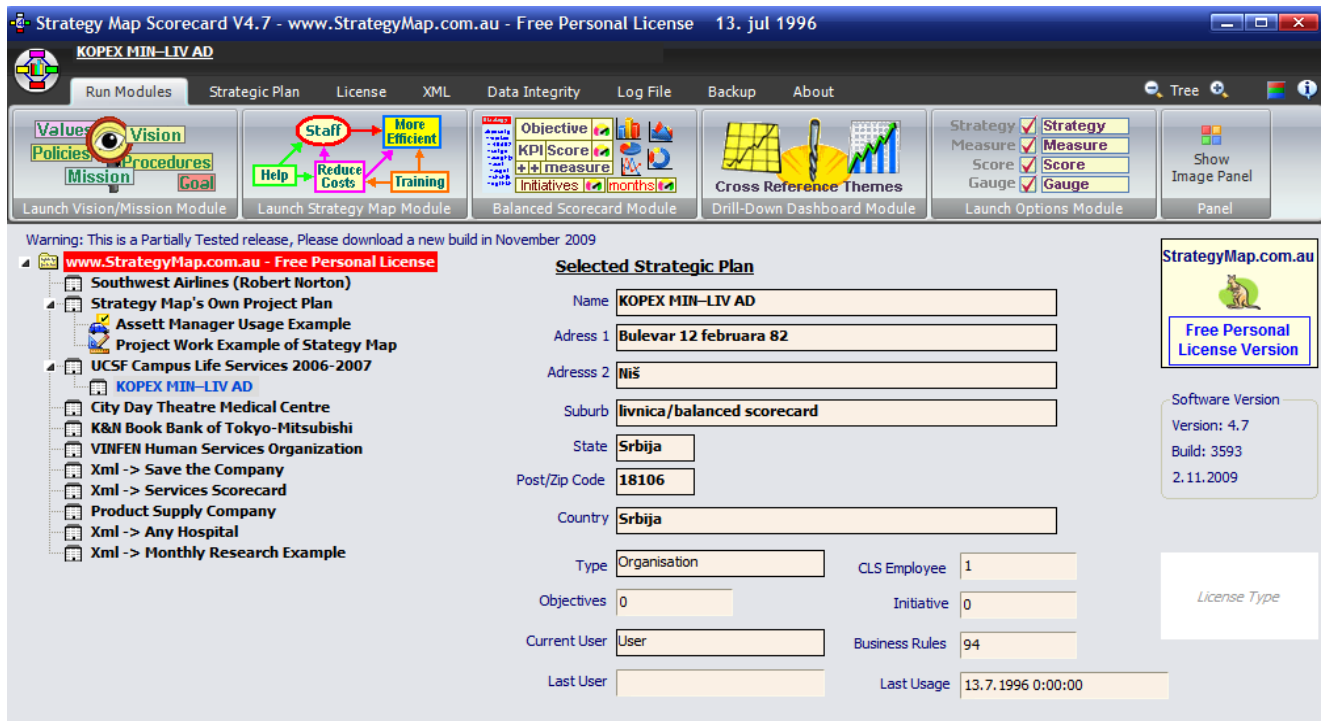
Слика 6.11 Визија/Мисија, циљеви и SWOT анализа ливнице Топола а.д. у реструктурирању



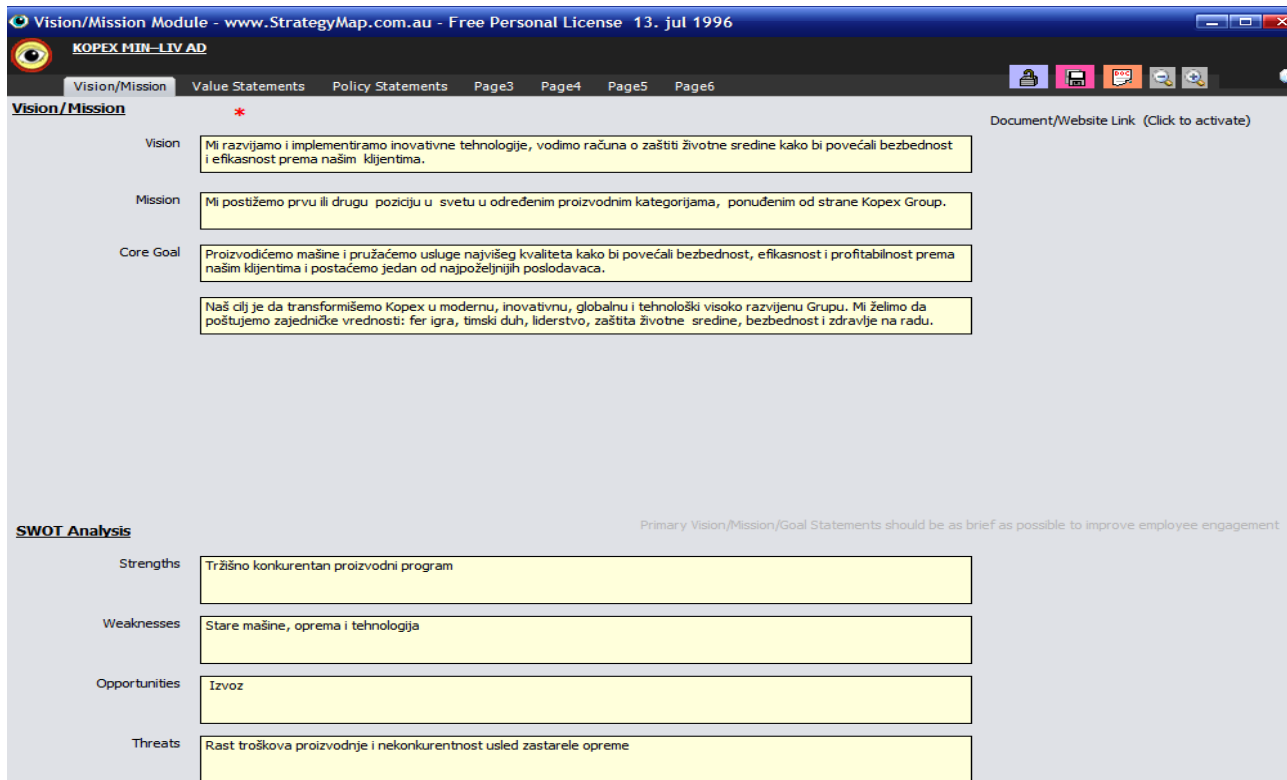
Слика 6.12 Стратегијски план ливнице а.д. Радијатор Зрењанин



Слика 6.13 Визија/Мисија, циљеви и SWOT анализа ливнице а.д. Радијатор Зрењанин



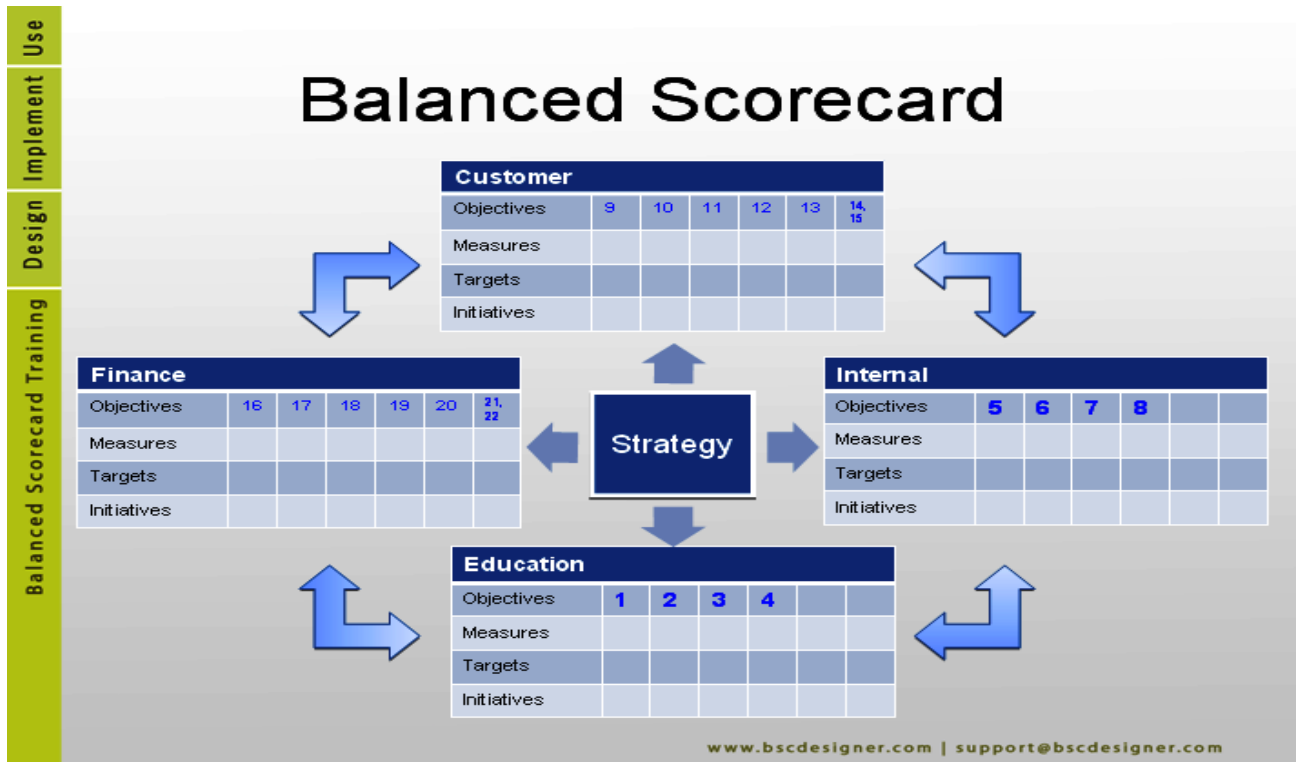
Слика 6.14 Стратегијски план ливнице KOPEX MIN – LIV а.д.



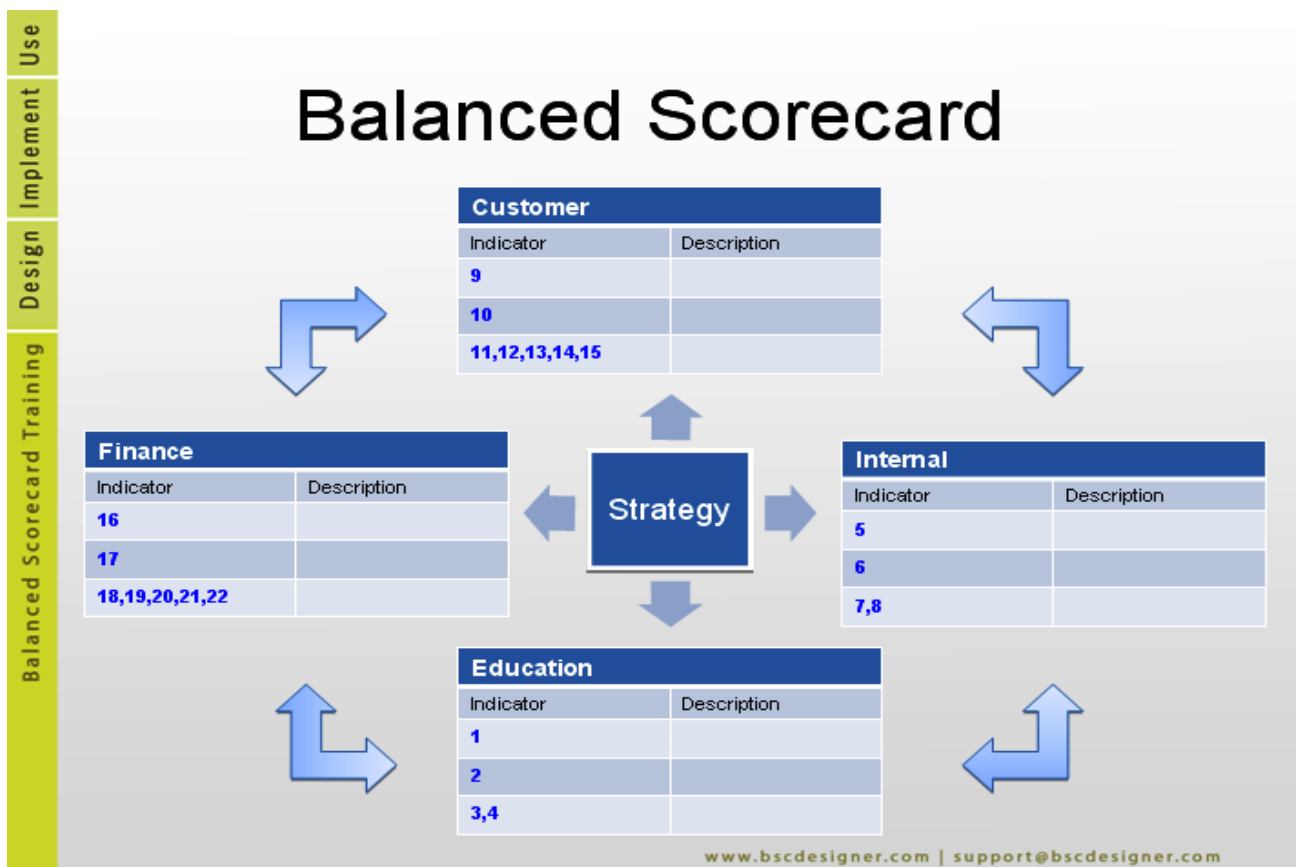
Слика 6.15 Визија/Мисија, циљеви и SWOT анализа ливнице KOPEX MIN – LIV а.д.



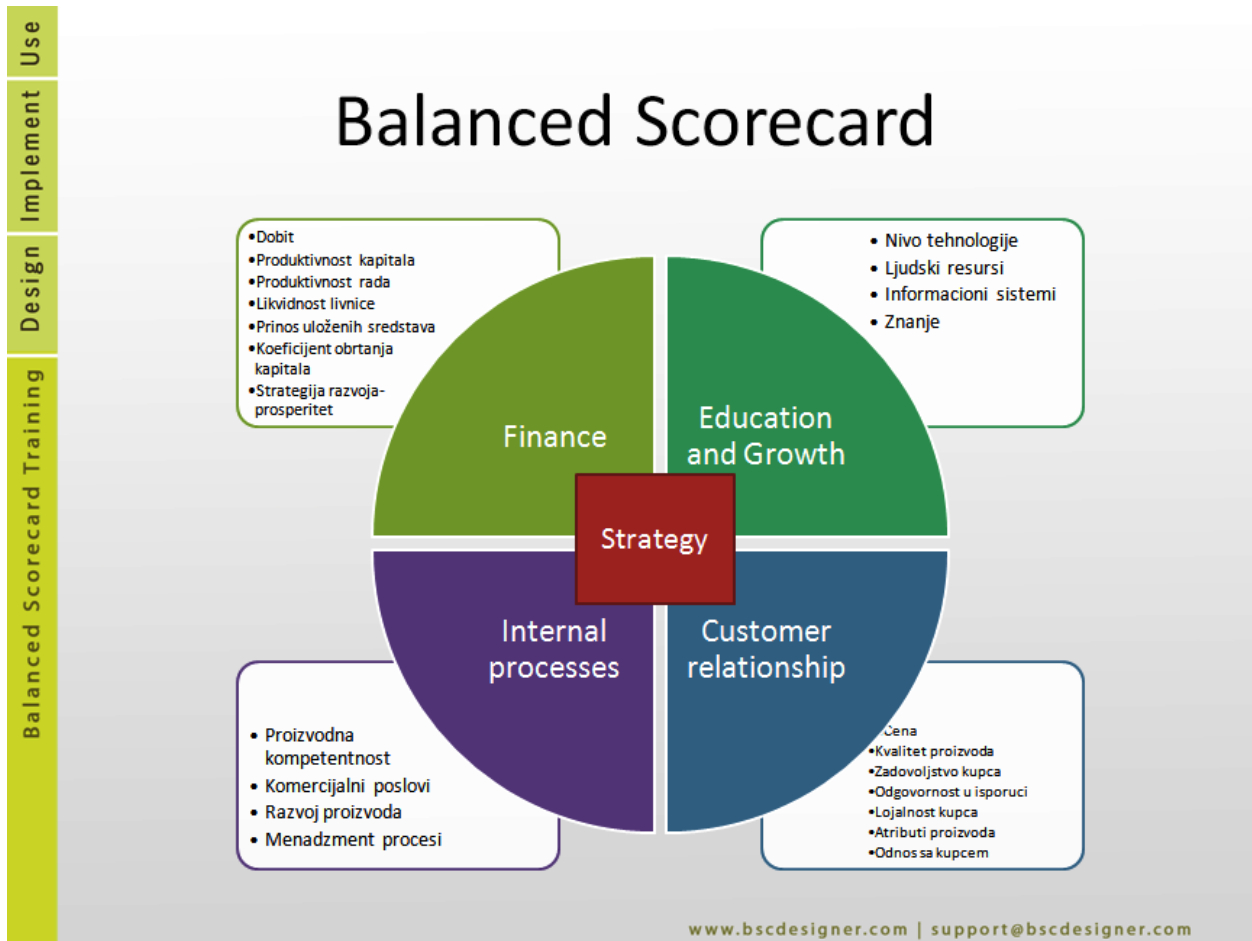
Слика 6.16 BSC - преглед циљева ливнице



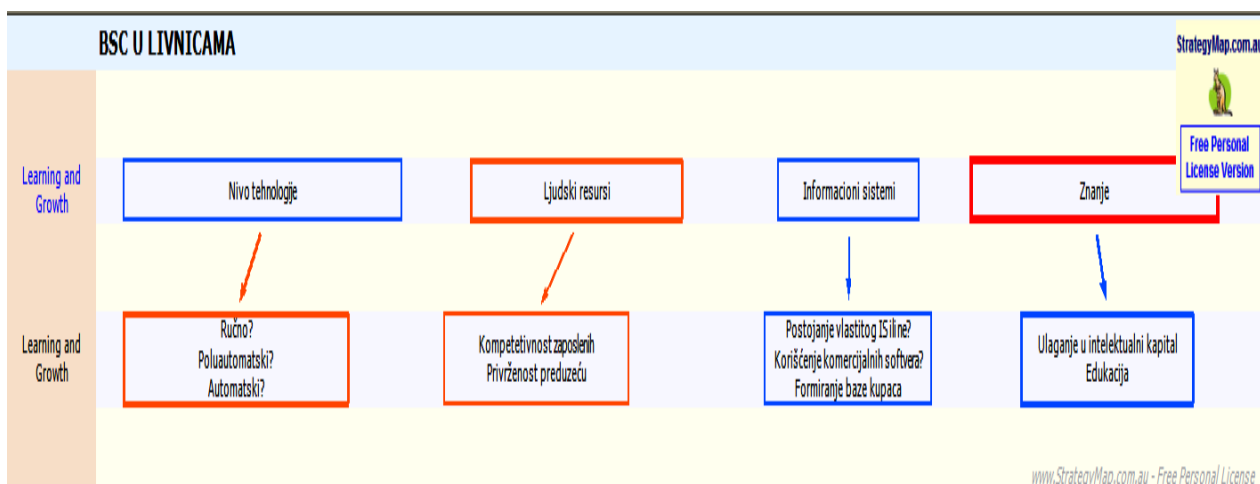
Слика 6.17 Импут BSC циљева ливнице (a)



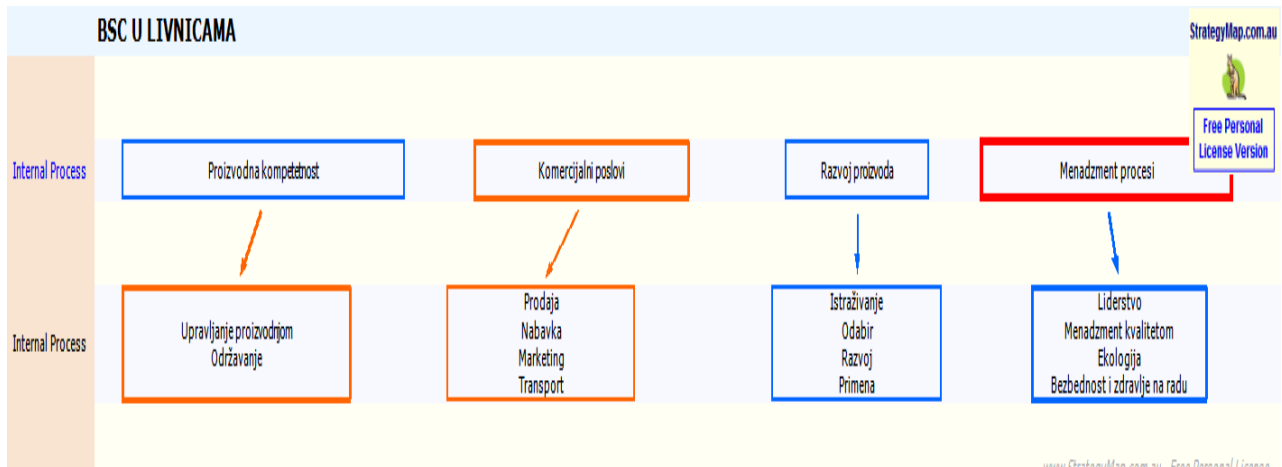
Слика 6.18 Импут BSC циљева ливнице (b)



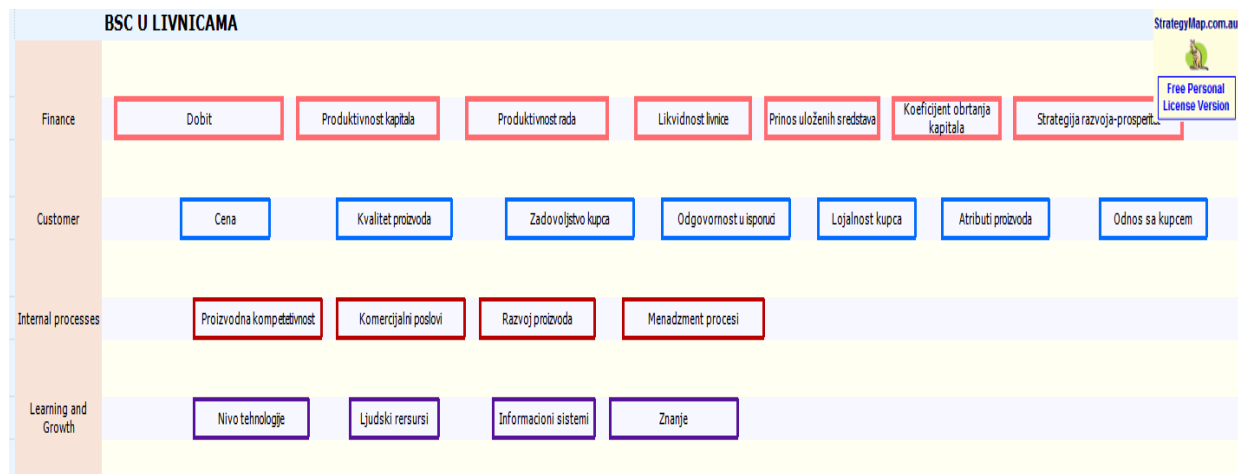
Слика 6.19 BSC циљеви ливнице у стратешком плану



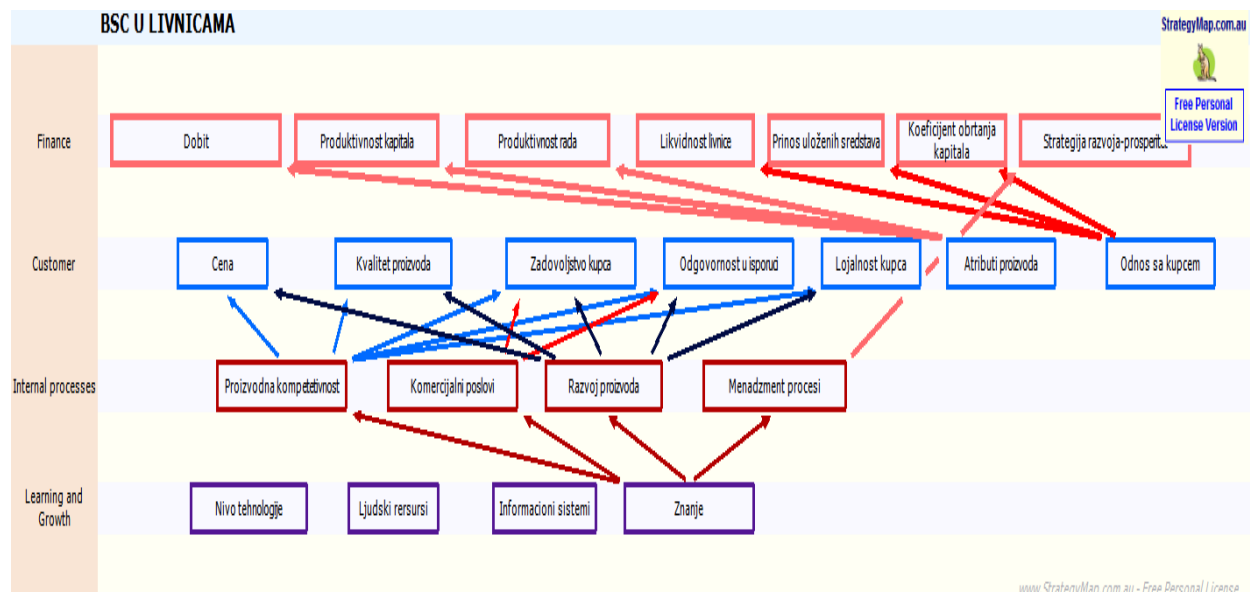
Слика 6.20 BSC циљеви ливнице - перспективе учења и развоја



Слика 6.21 BSC циљеви ливнице - перспективе интерних процеса



Слика 6.22 Стратегијска мапа BSC циљева ливнице



Слика 6.23 Стратегијска мапа BSC циљева ливнице и њихова повезаност

Name	Progress	Measure	Weight
Balanced Scorecard Guča	75,38 %	%	
Financial Perspective	76,02 %	%	3
ROA	79,49 %	%	2
EBITDA stopa	75,29 %	%	2
Racio opšte likvidnosti	74,68 %	%	2
Koeficijent obrta osnovnih sredstava	70 %	%	2
Koeficijent obrta osnovnih sredstava=poslovni prihod/osnovna sredstva	77 %	%	2
Solventnost	79,66 %	%	2
Customer Perspective	72,21 %	%	3
Ocena zadovoljstva od strane kupca	76 %	%	3
Kvalitet proizvoda	80 %	%	2
Reklamacije/Procenat vraćenih odlivaka od kupca	64,71 %	%	3
Isporuka u roku	70 %	%	2
Internal Processes Perspective	78,41 %	%	2
Procesni prinos	80,25 %	%	2
Efikasnost proizvodnje	76,92 %	%	2
Iskorišćenost opreme	76,92 %	%	2
Potrošnja energije	70 %	%	2
Potrošnja peska	75 %	%	2
Potrošnja vode	80 %	%	2
Radna produktivnost	78 %	%	2
Procenat obučanih radnika	100 %	%	2
Procenat ispravne opreme i oruđa za rad	68 %	%	2
Indikator zaštita životne sredine	79 %	%	2
Education and Growth Perspective	76,12 %	%	2
Nivo tehnologije u livnici	90,12 %	%	3
Privrženost preduzeću	71,43 %	%	2
Nivo primene informacionih sistema	69 %	%	2
Nivo znanja	70 %	%	3

Слика 6.24 BSC у ливници Гуча

Name	Progress	Measure	Weight
Balanced Scorecard Požeга	74,93 %	%	
Financial Perspective	70,31 %	%	3
ROA	73,08 %	%	2
EBITDA stopa	69,41 %	%	2
Racio opšte likvidnosti	68,35 %	%	2
Koeficijent obrta osnovnih sredstava	65 %	%	2
Koeficijent obrta osnovnih sredstava=poslovni prihod/osnovna sredstva	70 %	%	2
Solventnost	76 %	%	2
Customer Perspective	74,7 %	%	3
Ocena zadovoljstva od strane kupca	82,67 %	%	3
Kvalitet proizvoda	86,25 %	%	2
Reklamacije/Procenat vraćenih odlivaka od kupca	58,82 %	%	3
Isporuka u roku	75 %	%	2
Internal Processes Perspective	82,11 %	%	2
Procesni prinos	86,42 %	%	2
Efikasnost proizvodnje	83,33 %	%	2
Iskorišćenost opreme	83,33 %	%	2
Potrošnja energije	75 %	%	2
Potrošnja peska	78 %	%	2
Potrošnja vode	85 %	%	2
Radna produktivnost	79 %	%	2
Procenat obučanih radnika	100 %	%	2
Procenat ispravne opreme i oruđa za rad	70 %	%	2
Indikator zaštita životne sredine	81 %	%	2
Education and Growth Perspective	75,03 %	%	2
Nivo tehnologije u livnici	85,19 %	%	3
Privrženost preduzeću	68,18 %	%	2
Nivo primene informacionih sistema	66,67 %	%	2
Nivo znanja	75 %	%	3

Слика 6.25 BSC у ливници Пожега



Name	Progress	Measure	Weight
Balanced Scorecard Toploa	69,58 %	%	
Financial Perspective	65,2 %	%	3
ROA	66,67 %	%	2
EBITDA stopa	63,53 %	%	2
Racio opšte likvidnosti	62,03 %	%	2
Koeficijent obrta osnovnih sredstava	60 %	%	2
Koeficijent obrta osnovnih sredstava=poslovni prihod/osnovna sredstva	65 %	%	2
Solventnost	74 %	%	2
Customer Perspective	68,68 %	%	3
Ocena zadovoljstva od strane kupca	76 %	%	3
Kvalitet proizvoda	80 %	%	2
Reklamacije/Procenat vraćenih odlivaka od kupca	52,94 %	%	3
Isporuka u roku	70 %	%	2
Internal Processes Perspective	77,71 %	%	2
Procesni prinos	80,25 %	%	2
Efikasnost proizvodnje	76,92 %	%	2
Iskorišćenost opreme	76,92 %	%	2
Potrošnja energije	70 %	%	2
Potrošnja peska	73 %	%	2
Potrošnja vode	80 %	%	2
Radna produktivnost	77 %	%	2
Procenat obučениh radnika	100 %	%	2
Procenat ispravne opreme i oruđa za rad	65 %	%	2
Indikator zaštita životne sredine	78 %	%	2
Education and Growth Perspective	69,36 %	%	2
Nivo tehnologije u livnici	79,01 %	%	3
Privrženost preduzeću	64,1 %	%	2
Nivo primene informacionih sistema	66,67 %	%	2
Nivo znanja	65 %	%	3

Слика 6.26 BSC у ливници Топола

Name	Progress	Measure	Weight
Balanced Scorecard Zrenjanin	72,38 %	%	
Financial Perspective	59,77 %	%	3
ROA	60,26 %	%	2
EBITDA stopa	57,65 %	%	2
Racio opšte likvidnosti	55,7 %	%	2
Koeficijent obrta osnovnih sredstava	55 %	%	2
Koeficijent obrta osnovnih sredstava=poslovni prihod/osnovna sredstva	60 %	%	2
Solventnost	70 %	%	2
Customer Perspective	74,7 %	%	3
Ocena zadovoljstva od strane kupca	82,67 %	%	3
Kvalitet proizvoda	86,25 %	%	2
Reklamacije/Procenat vraćenih odlivaka od kupca	58,82 %	%	3
Isporuka u roku	75 %	%	2
Internal Processes Perspective	81,71 %	%	2
Procesni prinos	86,42 %	%	2
Efikasnost proizvodnje	83,33 %	%	2
Iskorišćenost opreme	83,33 %	%	2
Potrošnja energije	75 %	%	2
Potrošnja peska	76 %	%	2
Potrošnja vode	85 %	%	2
Radna produktivnost	79 %	%	2
Procenat obučениh radnika	100 %	%	2
Procenat ispravne opreme i oruđa za rad	68 %	%	2
Indikator zaštita životne sredine	81 %	%	2
Education and Growth Perspective	78,48 %	%	2
Nivo tehnologije u livnici	85,19 %	%	3
Privrženost preduzeću	75,44 %	%	2
Nivo primene informacionih sistema	76,67 %	%	2
Nivo znanja	75 %	%	3

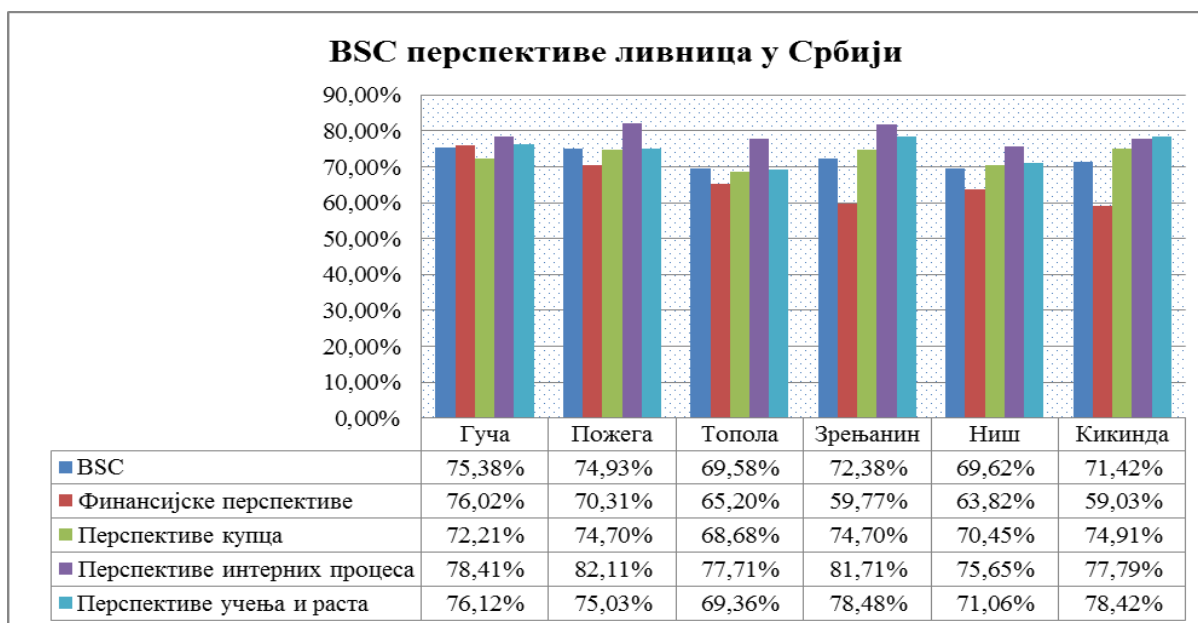
Слика 6.27 BSC у ливници Зрењанин

Name	Progress	Measure	Weight
Balanced Scorecard Niš	69,62 %	%	
Financial Perspective			3
ROA	63,82 %	%	2
EBITDA stopa	57,69 %	%	2
Racio opšte likvidnosti	61,18 %	%	2
Koeficijent obrta osnovnih sredstava	62,03 %	%	2
Koeficijent obrta osnovnih sredstava=poslovni prihod/osnovna sredstva	59 %	%	2
Solventnost	65 %	%	2
	78 %	%	2
Customer Perspective	70,45 %	%	3
Oцена zadovoljstva od strane kupca	76 %	%	3
Kvalitet proizvoda	80 %	%	2
Reklamacije/Procenat vraćenih odlivaka od kupca	58,82 %	%	3
Isporuка u roku	70 %	%	2
Internal Processes Perspective	75,65 %	%	2
Procesni prinos	77,78 %	%	2
Efikasnost proizvodnje	74,36 %	%	2
Iskorišćenost opreme	74,36 %	%	2
Potrošnja energije	68 %	%	2
Potrošnja peska	67 %	%	2
Potrošnja vode	78 %	%	2
Radna produktivnost	76 %	%	2
Procenat obučениh radnika	100 %	%	2
Procenat ispravne opreme i oruđa za rad	66 %	%	2
Indikator zaštita životne sredine	75 %	%	2
Education and Growth Perspective	71,06 %	%	2
Nivo tehnologije u livnici	72,84 %	%	3
Privrženost preduzeću	70,21 %	%	2
Nivo primene informacionih sistema	63,33 %	%	2
Nivo znanja	75 %	%	3

Слика 6.28 BSC у ливници Ниш

Name	Progress	Measure	Weight
Balanced Scorecard Kikinda	71,42 %	%	
Financial Perspective			3
ROA	59,03 %	%	2
EBITDA stopa	53,85 %	%	2
Racio opšte likvidnosti	57,65 %	%	2
Koeficijent obrta osnovnih sredstava	55,7 %	%	2
Koeficijent obrta osnovnih sredstava=poslovni prihod/osnovna sredstva	55 %	%	2
Solventnost	60 %	%	2
	72 %	%	2
Customer Perspective	74,91 %	%	3
Oцена zadovoljstva od strane kupca	80 %	%	3
Kvalitet proizvoda	82,5 %	%	2
Reklamacije/Procenat vraćenih odlivaka od kupca	64,71 %	%	3
Isporuка u roku	75 %	%	2
Internal Processes Perspective	77,79 %	%	2
Procesni prinos	79,01 %	%	2
Efikasnost proizvodnje	76,92 %	%	2
Iskorišćenost opreme	76,92 %	%	2
Potrošnja energije	70 %	%	2
Potrošnja peska	70 %	%	2
Potrošnja vode	81 %	%	2
Radna produktivnost	78 %	%	2
Procenat obučениh radnika	100 %	%	2
Procenat ispravne opreme i oruđa za rad	69 %	%	2
Indikator zaštita životne sredine	77 %	%	2
Education and Growth Perspective	78,42 %	%	2
Nivo tehnologije u livnici	77,78 %	%	3
Privrženost preduzeću	75,44 %	%	2
Nivo primene informacionih sistema	80 %	%	2
Nivo znanja	80 %	%	3

Слика 6.29 BSC у ливници Кикинда



*Слика 6.30 BSC перспективе ливница у Србији*

Промена једног обележја статистичког скупа често утиче на промену других обележја због међусобне повезаности. Повезаност између обележја може се разликовати по смеру и по јачини повезаности. Најјача или најужа веза између обележја је функционална веза, тј. таква веза да свакој вредности једног обележја одговара тачно одређена вредност другог. Лабавија веза између обележја, која су подложна мањим или већим одступањима, назива се корелативном (или стохастичком) везом.[101] Обично се једна случајно променљива идентификује као независна ( $x$ ), а друга као зависно случајно променљива ( $y$ ). Скуп статистичких метода којима се проучавају узајамне везе статистичких обележја и појава (смер, јачина, облик) назива се теоријом корелације, а основни показатељи корелационих веза су једначина регресије и коефицијент корелације. Испитивање зависности у статистичкој анализи има два основна правца:

1. облик зависности који испитује регресиона анализа и
2. јачину зависности коју одређује корелациона анализа.[101]

*„Ако се испитује зависност једне појаве од две или више независних појава, онда се говори о вишеструкој или мултиплој регресији.“[102]* Теоријске основе линеарне регресије биће детаљно описане у наредном поглављу.

На основу добијених резултата (слике 6.24 ÷ 6.30), користећи метод вишеструке регресије помоћу *Microsoft Exela* [103], потребно је испитати утицај нивоа знања, преко интерних процеса, на финансијске перспективе.

#### 6.4.1 Добит *EBITDA* – добит пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит у зависности од нивоа знања и нивоа интерних процеса

Табела 6.5 Добит *EBITDA* у зависности од нивоа знања и нивоа интерних процеса

	Ниво интерних процеса (%) X2	Ниво знања (%) X1	добит <i>EBITDA</i> (%) Y
Ливница Гуча	78,41	70	75,29
Ливница Пожега	82,11	75	69,41
Ливница Топола	77,71	65	63,53
Ливница Зрењанин	81,71	75	57,56
Ливница Ниш	75,65	75	61,18
Ливница Кикинда	77,79	80	57,65

Табела 6.6 Сумарни извештај - добит *EBITDA* у зависности од нивоа знања и нивоа интерних процеса

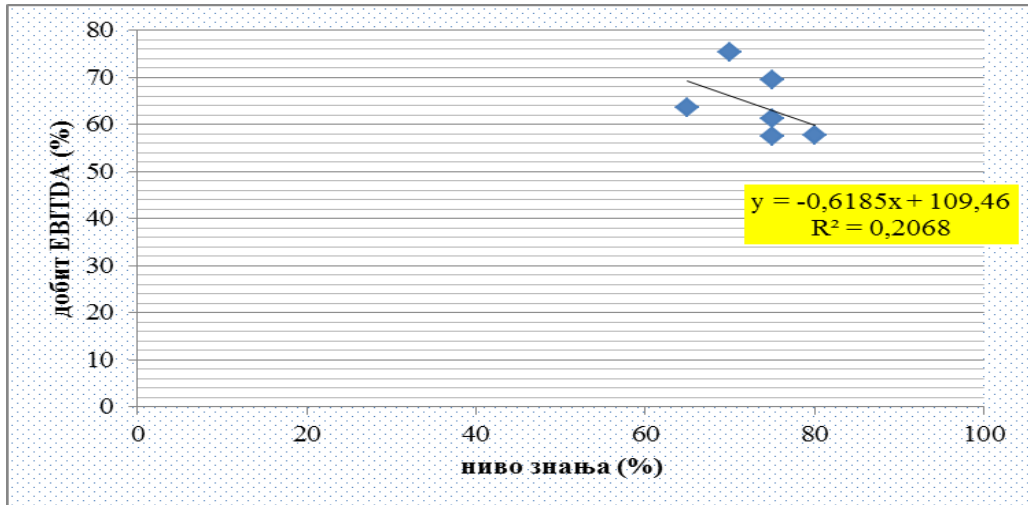
SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0,4898306							
R Square	0,239934016							
Adjusted R Square	-0,266776639							
Standard Error	7,904867686							
Observations	6							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	2	59,17673396	29,58836698	0,473513	0,662638926			
Residual	3	187,4607994	62,48693313					
Total	5	246,6375333						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	71,47521347	116,4671416	0,613694236	0,582815	-299,175211	442,125638	-299,17521	442,125638
X2 (Ниво интерних процеса)	0,512788208	1,418052649	0,361614365	0,741609	-4,000088206	5,025664622	-4,0000882	5,025664622
X1 (Ниво знања)	-0,652215825	0,690901679	-0,944006716	0,414809	-2,850973319	1,54654167	-2,8509733	1,54654167

Интерпретација резултата:

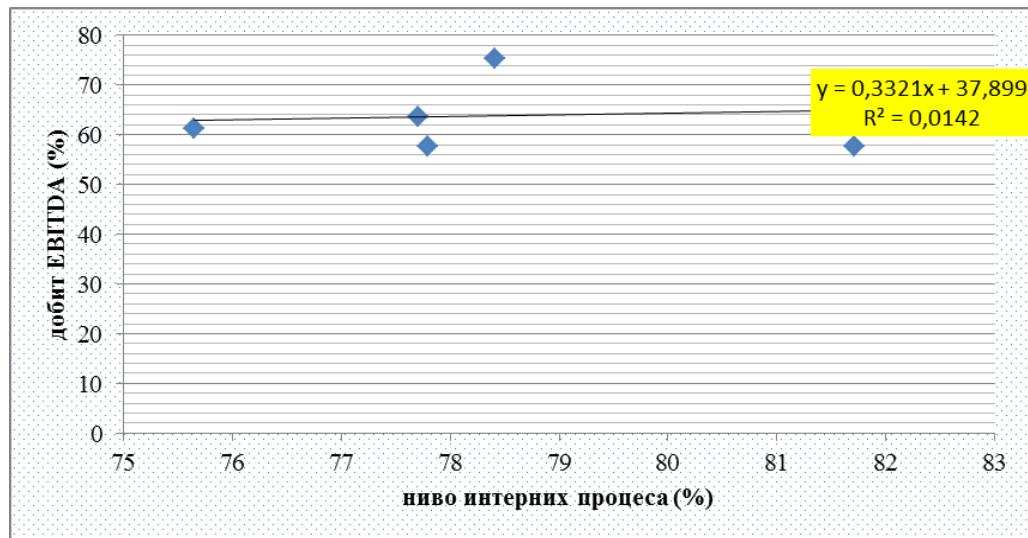
$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (1)$$

$$y = 71,475 - 0,652x_1 + 0,512788x_2 \quad (2)$$

$$EBITDA (\%) = 71,475 - 0,652 (\text{ниво знања } \%) + 0,512788 (\text{ниво интерних процеса } \%)$$



Слика 6.31 Добит EBITDA у зависности од нивоа знања



Слика 6.32 Добит EBITDA у зависности од нивоа интерних процеса

1. независна варијабла ниво знања:

- за сваки степен повећања нивоа знања, при константном нивоу интерних процеса, добит EBITDA се смањује за 0,652218%.

2. независна варијабла ниво интерних процеса:

- за сваки проценат повећања нивоа интерних процеса, при константном нивоу знања, добит EBITDA се повећава за 0,51278821%.

### 3. Intercept:

Интервал поузданости

- Када је ниво интерних процеса = 0% и ниво знања = 0%, добит *EBITDA* је 71,4752135%.

#### 1. Intercept $b$

$$95\% \text{ IP: } b \pm t_{0,05; n-2} S_b \quad t_{0,05; 4} = 2,776 [104]$$

$$95\% \text{ IP: } 71,47521347 \pm 2,776 (116,467142)$$

када је ниво знања = 0% и ниво интерних процеса = 0 %, просечна добит *EBITDA* је од - 299,1752 до 442,125638 %.

#### 2. независна варијабла ниво знања ( $b_1$ )

$$95\% \text{ IP: } b_1 \pm t_{0,05; n-1} S_{b1} \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$95\% \text{ IP: } -0,652215825 \pm 2,776 (0,69090168)$$

за сваки проценат повећања нивоа знања, просечна добит *EBITDA* се смањује до -2,850973 и повећава до 1,54654167 %.

#### 3. независна варијабла ниво интерних процеса ( $b_2$ )

$$95\% \text{ IP: } b_2 \pm t_{0,05; n-1} S_{b1} \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$95\% \text{ IP: } 0,512788208 \pm 2,776 (1,41805265)$$

за сваки проценат повећања нивоа интерних процеса, просечна добит *EBITDA* се смањује до -4,000088 и повећава до 5,02566462 %.

- Тестирање линеарне зависности између свих  $x$  варијабли заједно и  $y$ .
- Хипотезе:
- $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \dots = \beta_n = 0$ .

(нема линеарне зависности)

-  $H_1$  : најмање једно  $\beta_i \neq 0$ .

(најмање једна независна варијабла је у линеарном односу са  $y$ ).

Закључак: Нулта хипотеза се прихвата.

Хипотезе:

$H_0$ :  $b_i = 0$  (нема линеарне зависности).

$H_1$ :  $b_i \neq 0$  (постоји линеарна релација између  $x_i$  и  $y$ ).

$H_0$  се прихвата ако је  $t_b < t_{\alpha, N-2}$

закључак:  $b = 0$  (не постоји линеарна релација).

$t_{0,05; 4} = 2,776$ ;

$t_{x_1} < t_{\alpha, N-2}$ ;  $(-0,9440067 < 2,776)$ ;

$t_{x_2} < t_{\alpha, N-2}$ ;  $(0,36161437 < 2,776)$ ;

$H_0$  се прихвата.

Закључак: не постоји значајна линеарна зависност између

- нивоа знања и добити *EBITDA*;
- нивоа интерних процеса и добити *EBITDA*.

#### **6.4.2 Добит *EBITDA* – добит пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит (%) у зависности од стопе нето приноса на укупну пословну добит – *ROA* (%) и ратца опште ликвидности *ROL* (%)**

*Табела 6.7 Добит EBITDA у зависности од ROA (%) и ROL (%)*

	<b>ROL (%) X2</b>	<b>ROA (%) X1</b>	<b>Добит EBITDA (%) Y</b>
<b>Ливница Гуча</b>	<b>74,68</b>	<b>79,49</b>	<b>75,29</b>
<b>Ливница Пожега</b>	<b>68,35</b>	<b>73,08</b>	<b>69,41</b>
<b>Ливница Топола</b>	<b>62,03</b>	<b>66,67</b>	<b>63,53</b>
<b>Ливница Зрењанин</b>	<b>55,7</b>	<b>60,25</b>	<b>57,65</b>
<b>Ливница Ниш</b>	<b>62,03</b>	<b>57,69</b>	<b>61,18</b>
<b>Ливница Кикинда</b>	<b>55,7</b>	<b>53,85</b>	<b>57,65</b>

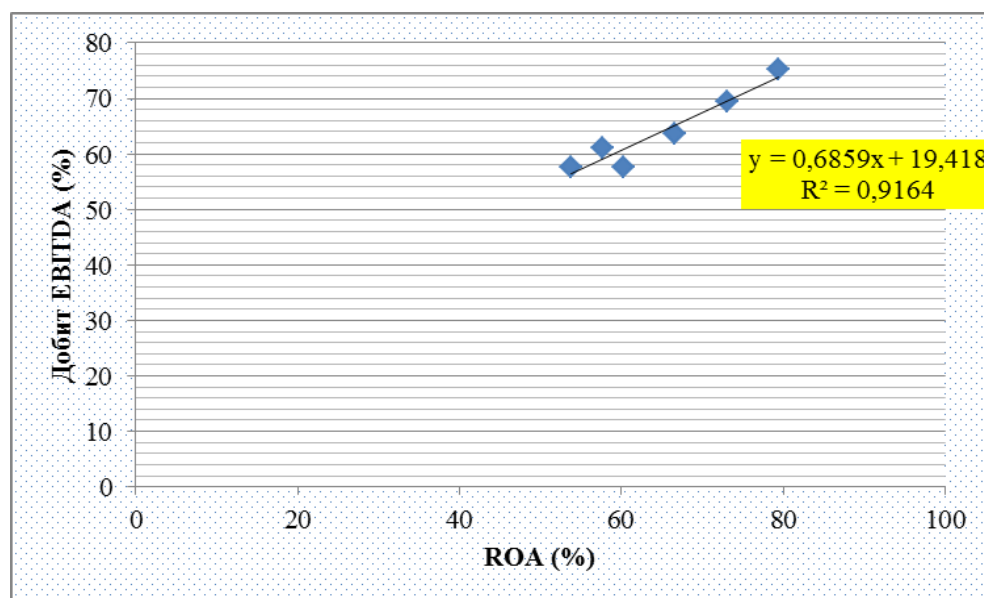
Табела 6.8 Сумарни извештај - добит EBITDA у зависности од ROA (%) и ROL (%)

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0,99679							
R Square	0,99359							
Adjusted R Square	0,98932							
Standard Error	0,72417							
Observations	6							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	2	243,8932334	121,947	232,53765	0,000513107			
Residual	3	1,573249954	0,52442					
Total	5	245,4664833						
	<i>Coefficient</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	7,36955	2,960613434	2,4892	0,0885468	-2,052438937	16,791548	-2,05243894	16,7915476
X2 (ROL)	0,68573	0,114110054	6,00934	0,0092322	0,322576509	1,0488748	0,322576509	1,04887475
X1(ROA)	0,20702	0,086293993	2,39905	0,0959566	-0,067602546	0,4816494	-0,06760255	0,48164945

Интерпретација резултата:

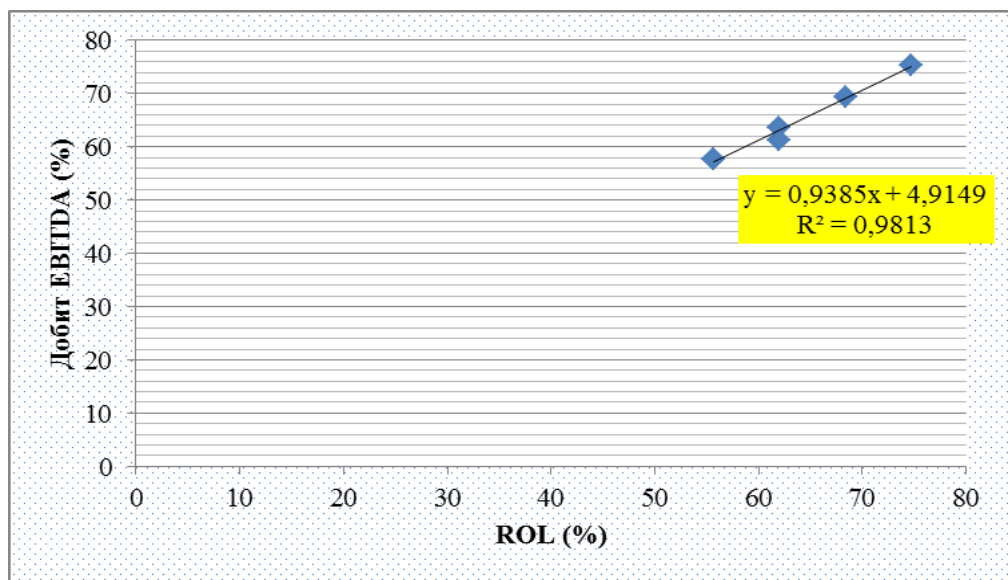
$$y = 7,36955 + 0,20702 x_1 + 0,68573 x_2 \quad (3)$$

$$EBITDA (\%) = 7,36955 + 0,20702 (ROA \%) + 0,68573 (ROL \%)$$



Слика 6.33 Добит EBITDA у зависности од нивоа ROA





Слика 6.34 Добит EBITDA у зависности од нивоа ROL

1. независна варијабла: стопа нето приноса на укупну пословну добит – *ROA*:

- за сваки степен повећања стопе нето приноса на укупну пословну добит – *ROA*, при константном нивоу рачија опште ликвидности *ROL*, добит *EBITDA* се повећава за 0,20702 %.

2. независна варијабла: рачија опште ликвидности *ROL*:

- за сваки проценат повећања рачија опште ликвидности *ROL*, при константном нивоу стопе нето приноса на укупну пословну добит – *ROA*, добит *EBITDA* се повећава за 0,68573 %.

3. *Intercept*:

Интервал поузданости

- Када је стопа нето приноса на укупну пословну добит – *ROA* = 0% и рачија опште ликвидности *ROL* = 0%, добит *EBITDA* је 7,36955%.

### 1. Intercept $b$

$$95\% \text{ IP: } b \pm t_{0,05; n-2} S_b \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$95\% \text{ IP: } 7,369554 \pm 2,776 (2,9606134)$$

када је стопа нето приноса на укупну пословну добит –  $ROA = 0\%$  и рацио опште ликвидности  $ROL = 0\%$  просечна добит  $EBITDA$  је од  $-2,052439$  до  $16,79154763 \%$ .

### 2. независна варијабла: стопа нето приноса на укупну пословну добит – $ROA$ ( $b_1$ )

$$95\% \text{ IP: } b_1 \pm t_{0,05; n-1} S_{b1} \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$95\% \text{ IP: } 0,207023 \pm 2,776 (0,086294)$$

за сваки проценат повећања стопе нето приноса на укупну пословну добит –  $ROA$ , просечна добит  $EBITDA$  се смањује до  $-0,067603$  и повећава до  $0,48164945 \%$ .

### 3. независна варијабла: рацио опште ликвидности $ROL$ ( $b_2$ )

$$95\% \text{ IP: } b_2 \pm t_{0,05; n-1} S_{b2} \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$95\% \text{ IP: } 0,685726 \pm 2,776 (0,1141101)$$

за сваки проценат повећања рациа опште ликвидности  $ROL$ , просечна добит  $EBITDA$  је од  $0,3225765$  до  $1,04887475 \%$ .

$$t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$tx_1 < t\alpha, N-2; (2,39905 < 2,776)$$

$H_0$  се прихвата, закључак: не постоји значајна линеарна зависност између стопе нето приноса на укупну пословну добит –  $ROA$  и  $EBITDA$  – добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит.

$$tx_2 > t\alpha, N-2; (6,00934 > 2,776)$$

$H_0$  се не прихвата, закључак: постоји значајна линеарна зависност између рачна опште ликвидности  $ROL$  и  $EBITDA$  – добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит.

### 6.4.3 Стопа нето приноса на укупну пословну добит – $ROA$ (%) у зависности од нивоа знања (%) и нивоа интерних процеса (%)

Табела 6.9 Стопа нето приноса на укупну пословну добит –  $ROA$  (%) у зависности од нивоа знања (%) и нивоа интерних процеса (%)

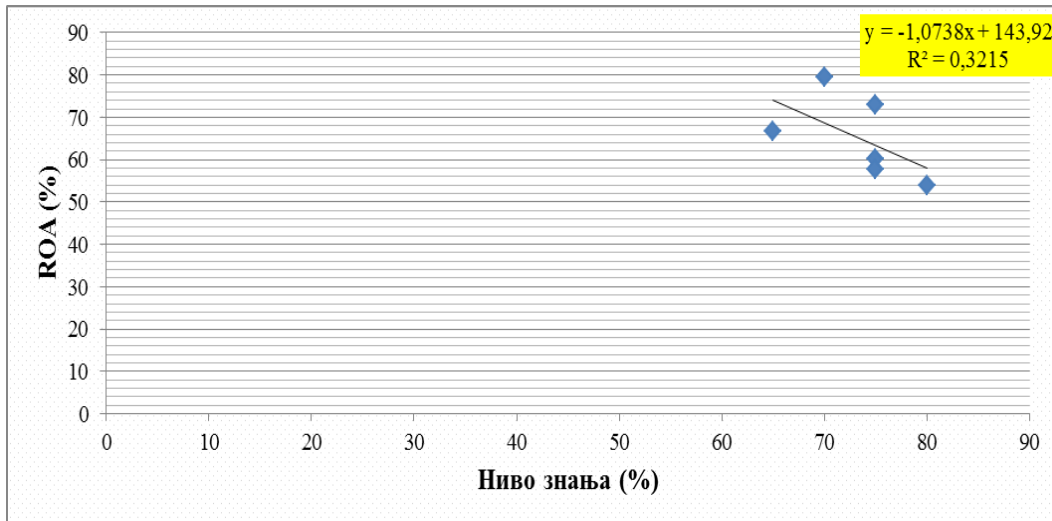
	X2 (Ниво интерних процеса)	X1(Ниво знања)	Y (ROA)
Ливница Гуча	78,41	70	79,49
Ливница Пожега	82,11	75	73,08
Ливница Топола	77,71	65	66,67
Ливница Зрењанин	81,71	75	60,26
Ливница Ниш	75,65	75	57,69
Ливница Кикинда	77,79	80	53,85

Табела 6.10 Сумарни извештај - стопа нето приноса на укупну пословну добит –  $ROA$  (%) у зависности од нивоа знања (%) и нивоа интерних процеса (%)

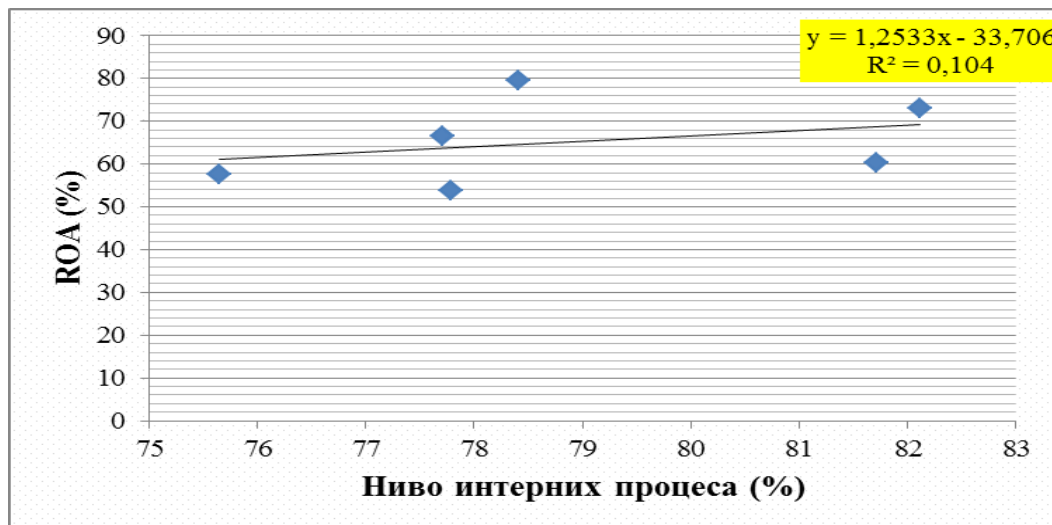
Regression Statistics								
Multiple R	0,695482082							
R Square	0,483695326							
Adjusted R Square	0,13949221							
Standard Error	9,070752024							
Observations	6							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	2	231,2457065	115,6228533	1,405261324	0,370987336			
Residual	3	246,8356268	82,27854228					
Total	5	478,0813333						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	26,91720194	133,6448126	0,201408505	0,853262185	-398,4002381	452,234642	-398,4002381	452,234642
X2 (Ниво интерних процеса)	1,579450531	1,62720041	0,970655195	0,403315084	-3,599027402	6,757928463	-3,599027402	6,757928463
X1(Ниво знања)	-1,177598872	0,792802365	-1,485362461	0,234126916	-3,700649831	1,345452086	-3,700649831	1,345452086

$$y = 26,91720194 - 1,177598872 x_1 + 1,579450531 x_2 \quad (4)$$

Стопе нето приноса на укупну пословну добит –  $ROA$  (%) = 26,91720194 - 1,177598872 (ниво знања %) + 1,579450531 (ниво интерних процеса %).



Слика 6.35 ROA у зависности од нивоа знања



Слика 6.36 ROA у зависности од нивоа интерних процеса

1. независна варијабла: ниво знања (%)

- за сваки степен повећања нивоа знања, при константном нивоу интерних процеса, стопа нето приноса на укупну пословну добит – ROA (%) се смањује за 1,17759887%.

2. независна варијабла: ниво интерних процеса (%)

- за сваки проценат повећања нивоа интерних процеса, при константном нивоу знања, стопа нето приноса на укупну пословну добит – ROA се повећава за 1,579450531 %.

### 3. Intercept:

Интервал поузданости

- Када је ниво знања = 0% и ниво интерних процеса = 0%, стопа нето приноса на укупну пословну добит – ROA је 26,91720194%.

#### 1. Intercept $b$

$$95\% \text{ IP: } b \pm t_{0,05; n-2} S_b \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$95\% \text{ IP: } 26,91720194 \pm 2,776 (133,6448126)$$

када је ниво знања = 0% и ниво интерних процеса = 0%, стопа нето приноса на укупну пословну добит – ROA је -398,40024 до 452,693234642 %.

#### 2. независна варијабла: ниво знања ( $b_1$ )

$$95\% \text{ IP: } b_1 \pm t_{0,05; n-1} S_{b1} \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$95\% \text{ IP: } -1,17759887 \pm 2,776 (0,79802365)$$

за сваки проценат повећања нивоа знања, стопа нето приноса на укупну пословну добит – ROA је од -3,7006498 до 1,34545209 %.

#### 3. независна варијабла: ниво интерних процеса ( $b_2$ )

$$95\% \text{ IP: } b_2 \pm t_{0,05; n-1} S_{b2} \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$95\% \text{ IP: } 0,685726 \pm 2,776 (0,1141101)$$

за сваки проценат повећања нивоа интерних процеса, стопа нето приноса на укупну пословну добит – ROA је од -3,5990274 до 6,75792846 %.

$$t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$tx_1 < ta, N-2; (-1,4853625 < 2,776)$$

$$tx_2 < ta, N-2; (0,97065519 < 2,776)$$

$H_0$  се прихвата.

Закључак: не постоји значајна линеарна зависност између

- нивоа интерних процеса и стопе нето приноса на укупну пословну добит – ROA;
- нивоа знања и стопе нето приноса на укупну пословну добит – ROA.

#### 6.4.4 Стопа нето приноса на укупну пословну добит – ROA (%) у зависности од EBITDA – добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит (%) и рачна опште ликвидности ROL (%)

Табела 6.11 Стопа нето приноса на укупну пословну добит – ROA (%) у зависности од EBITDA – добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит (%) и рачна опште ликвидности ROL (%)

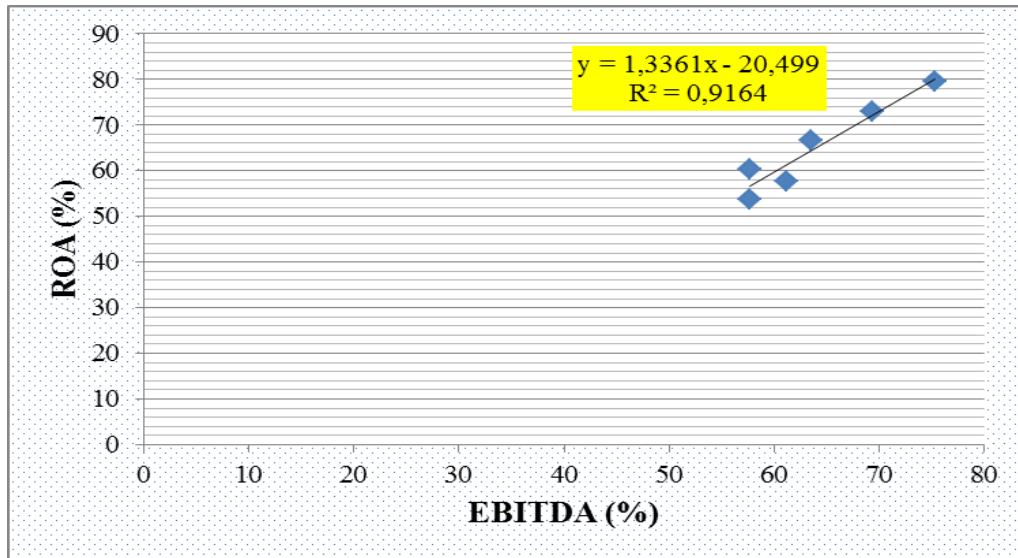
	ROL (%) X2	EBITDA (%) X1	ROA (%) Y
Ливница Гуча	74,68	75,29	79,49
Ливница Пожега	68,35	69,41	73,08
Ливница Топола	62,03	63,53	66,67
Ливница Зрењанин	55,7	57,65	60,25
Ливница Ниш	62,03	61,18	57,69
Ливница Кикинда	55,7	57,65	53,85

Табела 6.12 Сумарни извештај - стопа нето приноса на укупну пословну добит – ROA (%) у зависности од EBITDA – добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит (%) и рачна опште ликвидности ROL (%)

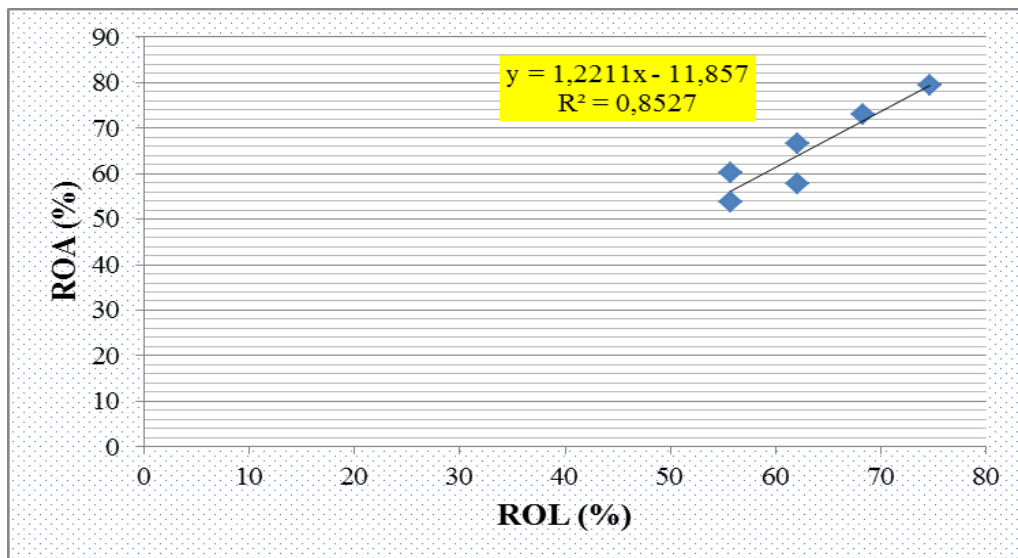
SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0,974442201							
R Square	0,949537603							
Adjusted R Squar	0,915896005							
Standard Error	2,836082572							
Observations	6							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	2	454,0495903	227,025	28,225104	0,011335791			
Residual	3	24,13009307	8,04336					
Total	5	478,1796833						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-27,46300959	12,67671222	-2,1664	0,1188561	-67,80596556	12,879946	-67,80596556	12,87994638
X2(ROL)	-1,758964567	1,253965886	-1,4027	0,2552766	-5,749643667	2,2317145	-5,749643667	2,231714533
X1(EBITDA)	3,17527113	1,323554512	2,39905	0,0959566	-1,036870037	7,3874123	-1,036870037	7,387412298

$$y = -27,46300959 + 3,17527113 x_1 - 1,758964567 x_2 \quad (5)$$

Стопа нето приноса на укупну пословну добит –  $ROA$  (%) =  $27,46300959 + 3,17527113$  (EBITDA %)  $- 1,758964567$  (ROL %)



Слика 6.37 ROA у зависности од нивоа добити EBITDA



Слика 6.38 ROA у зависности од ROL

1. независна варијабла: EBITDA добит пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит

- за сваки степен повећања стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит, при константном нивоу рача опште ликвидности *ROL*, стопа нето приноса на укупну пословну добит – *ROA* повећава се за 3,17527113 %.

2. независна варијабла: рачо опште ликвидности *ROL*

- за сваки проценат повећања рача опште ликвидности *ROL*, при константном нивоу стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит, стопа нето приноса на укупну пословну добит – *ROA* се смањује за 1,758964567%.

3. *Intercept*:

Интервал поузданости

- Када је стопа *EBITDA* - добит пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит = 0% и рачо опште ликвидности *ROL* = 0%, стопа нето приноса на укупну пословну добит – *ROA* је -27,46300959%.

1. *Intercept b*

$$95\% \text{ IP: } b \pm t_{0,05; n-2} S_b \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$95\% \text{ IP: } -27,46300959 \pm 2,776 (12,67671222)$$

када је рачо опште ликвидности *ROL* = 0% и стопа *EBITDA* - добит пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит = 0%, стопа нето приноса на укупну пословну добит – *ROA* је -67,806 до 12,8799 %.

2. независна варијабла: рачо опште ликвидности *ROL* ( $b_1$ )

$$95\% \text{ IP: } b_1 \pm t_{0,05; n-1} S_{b1} \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$95\% \text{ IP: } 3,17527113 \pm 2,776 (1,323554512)$$

за сваки проценат повећања стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит, стопа нето приноса на укупну пословну добит – *ROA* је од -1,0369 до 7,38741 %.



3. независна варијабла: ниво интерних процеса ( $b_2$ )

$$95\% IP: b_2 \pm t_{0,05; n-1} S_{b2} \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$95\% IP: -1,758964567 \pm 2,776 (1,253965886)$$

за сваки проценат повећања рачуна опште ликвидности  $ROL$ , стопа нето приноса на укупну пословну добит –  $ROA$  је од  $-5,7496$  до  $2,23171$  %.

$$t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$tx_1 < ta, N-2; (-1,4027 < 2,776)$$

$$tx_2 < ta, N-2; (2,39905 < 2,776)$$

$H_0$  се прихвата.

Закључак: не постоји значајна линеарна зависност између

- стопе  $EBITDA$  - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит и стопе нето приноса на укупну пословну добит –  $ROA$ ;
- рачуна опште ликвидности  $ROL$  и стопе нето приноса на укупну пословну добит –  $ROA$ .

#### 6.4.5 Рачуна опште ликвидности $ROL$ (%) у зависности од нивоа знања (%) и нивоа интерних процеса (%)

Табела 6.13 Рачуна опште ликвидности  $ROL$  (%) у зависности од нивоа знања (%) и нивоа интерних процеса (%)

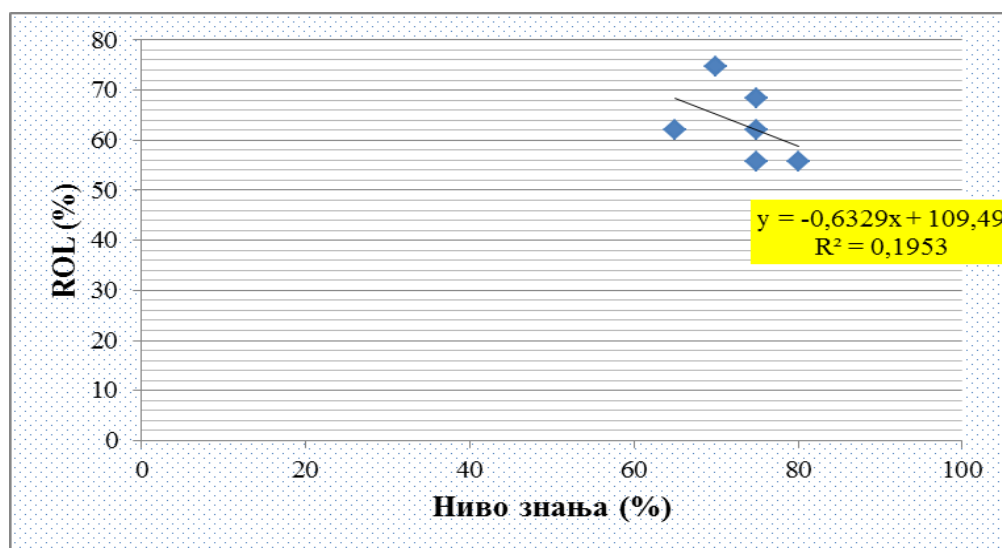
	Ниво интерних процеса (%) X2	Ниво знања (%) X1	$ROL$ (%) Y
Ливница Гуча	78,41	70	74,68
Ливница Пожега	82,11	75	68,35
Ливница Топола	77,71	65	62,03
Ливница Зрењанин	81,71	75	55,7
Ливница Ниш	75,65	75	62,03
Ливница Кикинда	77,79	80	55,7

Табела 6.14 Сумарни извештај - Рацио опште ликвидности  $ROL$  (%) у зависности од нивоа знања (%) и нивоа интерних процеса (%)

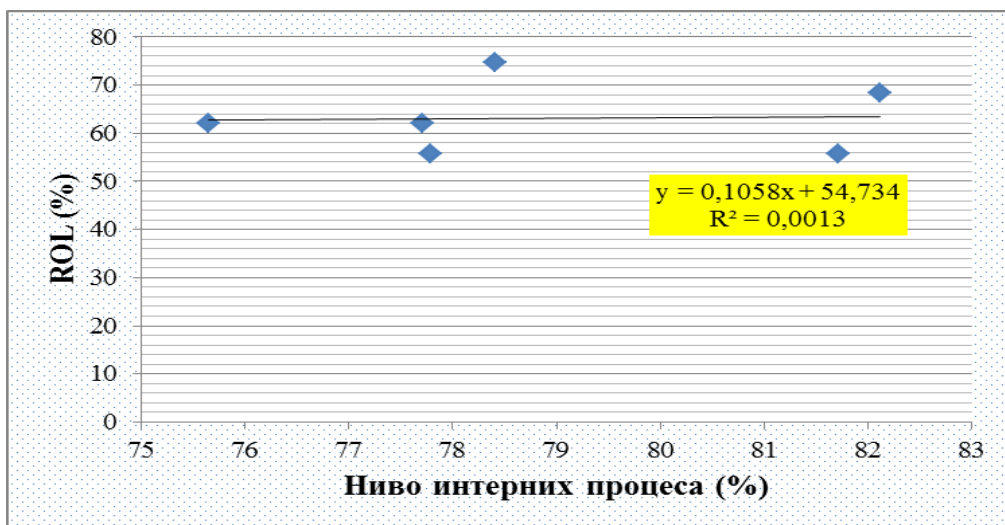
SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0,45232771							
R Square	0,20460036							
Adjusted R Square	-0,3256661							
Standard Error	8,5149927							
Observations	6							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	2	55,95138147	27,97569	0,3858445	0,709378606			
Residual	3	217,5153019	72,5051					
Total	5	273,4666833						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	88,28411	125,4564782	0,703703	0,5323186	-310,974395	487,5426	-310,974395	487,5426154
X2 (Ниво интерних процеса	0,28630969	1,527502854	0,187436	0,863279	-4,57488613	5,147506	-4,57488613	5,147505501
X1 (Ниво знања)	-0,6516999	0,744227858	-0,875672	0,4456664	-3,02016506	1,716765	-3,02016506	1,716765336

$$y = 88,28411 - 0,6516999 x_1 + 0,28630969 x_2 \quad (6)$$

Рацио опште ликвидности –  $ROAL$  (%) =  $88,28411 - 0,6516999$  (ниво знања%) +  $0,28630969$  (ниво интерних процеса %).



Слика 6.39  $ROL$  у зависности од нивоа знања



Слика 6.40 ROL у зависности од нивоа интерних процеса

1. независна варијабла: ниво знања (%)

- за сваки степен повећања нивоа знања, при константном нивоу интерних процеса, рацио опште ликвидности – ROL (%) се смањује за 0,6516999%.

2. независна варијабла: ниво интерних процеса (%)

- за сваки проценат повећања нивоа интерних процеса, при константном нивоу знања, рацио опште ликвидности – ROL се повећава за 0,28630969 %.

3. Intercept:

Интервал поузданости

- Када је ниво знања = 0% и ниво интерних процеса = 0%, рацио опште ликвидности – ROL је 88,28411%.

1. Intercept  $b$

$$95\% \text{ IP: } b \pm t_{0,05; n-2} S_b, \quad t_{0,05; 4} = 2,776.$$

95% IP:  $88,28411 \pm 2,776 (125,4564782)$ .

када је ниво знања = 0% и ниво интерних процеса = 0%, рацио опште ликвидности – *ROL* је од -310,9744 до 487,54262 %.

2. независна варијабла: ниво знања ( $b_1$ )

95% IP:  $b_1 \pm t_{0,05; n-1} S_{b1} \quad t_{0,05; 4} = 2,776$

95% IP:  $-0,6516999 \pm 2,776 (0,744227858)$

за сваки проценат повећања нивоа знања, рацио опште ликвидности – *ROL* је од – 310,9744 до 487,54262 %.

3. независна варијабла: ниво интерних процеса ( $b_2$ )

95% IP:  $b_2 \pm t_{0,05; n-1} S_{b2} \quad t_{0,05; 4} = 2,776$

95% IP:  $0,28630969 \pm 2,776 (0,527502854)$

за сваки проценат повећања нивоа интерних процеса, рацио опште ликвидности – *ROL* је од –4,574886 до 5,1475055 %.

$t_{0,05; 4} = 2,776$

$tx_1 < t_{\alpha, N-2}; (0,187436 < 2,776)$

$tx_2 < t_{\alpha, N-2}; (-0,875672 < 2,776)$

$H_0$  се прихвата.

Закључак: не постоји значајна линеарна зависност између

- нивоа интерних процеса и рациа опште ликвидности – *ROL*;
- нивоа знања и рациа опште ликвидности – *ROL*.

### 6.4.6 Рацио опште ликвидности - *ROL* у зависности од стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит и стопе нето приноса на укупну пословну добит – *ROA*

Табела 6.15 Рацио опште ликвидности *ROL* (%) у зависности од стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит и стопе нето приноса на укупну пословну добит – *ROA*

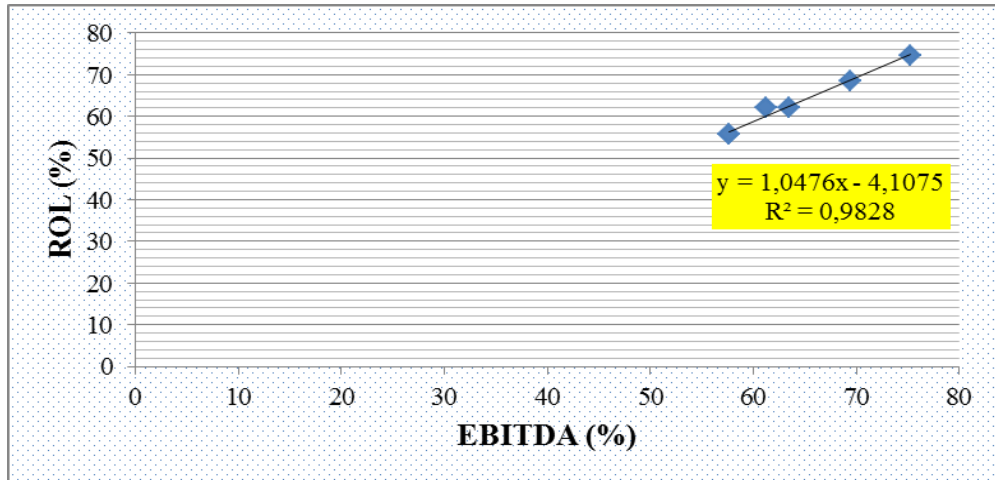
	ROA (%) X2	EBITDA (%) X1	ROL (%) Y
Ливница Гуча	79,49	75,29	74,68
Ливница Пожега	73,08	69,41	68,35
Ливница Топола	66,67	63,53	62,03
Ливница Зрењанин	60,25	57,65	55,7
Ливница Ниш	57,69	61,28	62,03
Ливница Кикинда	53,85	57,65	55,7

Табела 6.16 Сумарни извештај - Рацио опште ликвидности *ROL* (%) у зависности од стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит и стопе нето приноса на укупну пословну добит – *ROA*

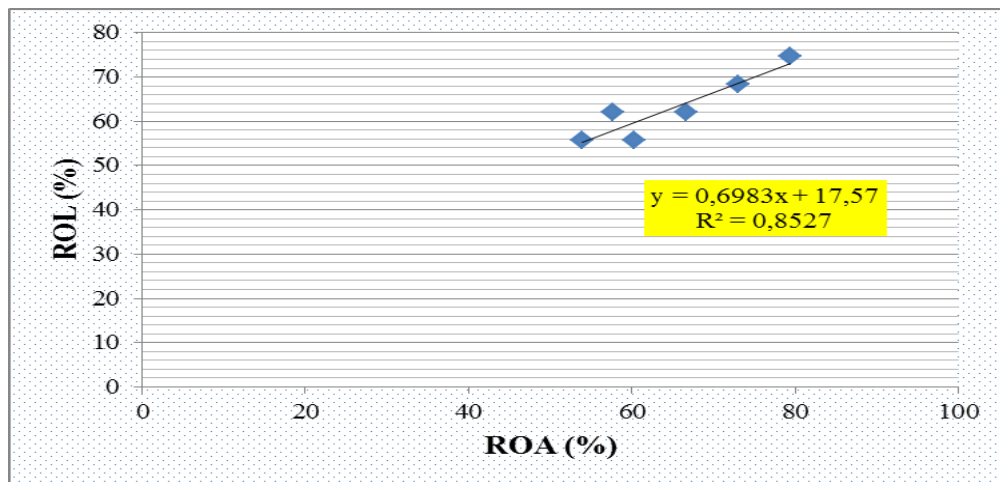
SUMMARY OUTPUT								
Regression Statistics								
Multiple R	0,99491879							
R Square	0,98986339							
Adjusted R Square	0,98310566							
Standard Error	0,96125338							
Observations	6							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	2	270,6946592	135,347	146,47852	0,001020561			
Residual	3	2,77202416	0,92401					
Total	5	273,4666833						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-8,5642498	5,018949068	-1,7064	0,1864778	-24,53678571	7,40828612	-24,53678571	7,408286124
X2 (ROA)	-0,2171024	0,150266525	-1,4448	0,2442643	-0,695317568	0,26111272	-0,695317568	0,261112724
X1 (EBITDA)	1,33772267	0,209978488	6,37076	0,0078281	0,669477403	2,00596793	0,669477403	2,005967927

$$y = -8,5642 + 1,33772 x_1 - 0,2171 x_2 \quad (7)$$

Рацио опште ликвидности – *ROL* (%) = - 8,5642 + 1,33772 (*EBITDA* %) - 0,2171 (*ROA* %)



Слика 6.41 ROI у зависности од добити EBITDA



Слика 6.42 ROI у зависности од ROA

1. независна варијабла: стопа EBITDA - добит пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит
  - за сваки степен повећања стопе EBITDA - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит при константном нивоу стопе нето приноса на укупну пословну добит – ROA, рацио опште ликвидности ROI се повећава за 1,33772 %.
2. независна варијабла: стопа нето приноса на укупну пословну добит – ROA

- за сваки проценат повећања стопе нето приноса на укупну пословну добит – *ROA*, при константном нивоу стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит, рацио опште ликвидности - *ROL* се смањује за 0,2171 %.

### 3. *Intercept*:

Интервал поузданости

Када је стопа *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит = 0% и стопе нето приноса на укупну пословну добит – *ROA* = 0%, рацио опште ликвидности је - 8,5642%.

#### 1. *Intercept b*

$$95\% \text{ IP: } b \pm t_{0,05; n-2} S_b \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$95\% \text{ IP: } -85642 \pm 2,776 (5,018949068)$$

када је стопа *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит = 0% и стопа нето приноса на укупну пословну добит – *ROA* = 0%, рацио опште ликвидности – *ROL* је од -24,537 до 7,4082861 %.

#### 2. независна варијабла: ниво знања ( $b_1$ )

$$95\% \text{ IP: } b_1 \pm t_{0,05; n-1} S_{b1} \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

$$95\% \text{ IP: } 1,33772 \pm 2,776 (0,209978488)$$

за сваки проценат повећања стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит, рацио опште ликвидности – *ROL* је од 0,209978488 до 2,0059679 %.

#### 3. независна варијабла: ниво интерних процеса ( $b_2$ )

$$95\% \text{ IP: } b_2 \pm t_{0,05; n-1} S_{b2} \quad t_{0,05; 4} = 2,776$$

95% IP:  $-0,2171 \pm 2,776 (0,150266525)$

за сваки проценат повећања стопе нето приноса на укупну пословну добит – *ROA*, рацио опште ликвидности – *ROL* је од  $-0,6953$  до  $0,2611127\%$ .

$t_{0,05; 4} = 2,776$

$tx_1 < t\alpha, N-2; (-1,4448 < 2,776)$

$H_0$  се прихвата.

Закључак: не постоји значајна линеарна зависност између стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит и рациа опште ликвидности – *ROL*.

$tx_2 < t\alpha, N-2; (6,37076 > 2,776)$

$H_0$  се не прихвата.

Закључак: постоји значајна линеарна зависност између стопе нето приноса на укупну пословну добит – *ROA* и рациа опште ликвидности – *ROL*.

На основу утврђивања линеарне зависности између нивоа знања, нивоа интерних процеса и финансијских перспектива (стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит, стопе нето приноса на укупну пословну добит – *ROA* и рациа опште ликвидности – *ROL*), у шест српских ливница, методом вишеструке линеарне регресије, утврђено је да не постоји линеарна зависност између: нивоа знања и добити *EBITDA*; нивоа интерних процеса и добити *EBITDA*; нивоа интерних процеса и стопе нето приноса на укупну пословну добит – *ROA*; нивоа знања и стопе нето приноса на укупну пословну добит – *ROA*; нивоа интерних процеса и рациа опште ликвидности – *ROL*; и нивоа знања и рациа опште ликвидности – *ROL*.

Наведени закључак је на први поглед неубичајен и нелогичан, али се може објаснити чињеницом да српска ливачка индустрија, после достизања технолошког и економског



максимума 1989. године, улази у период значајног успоравања, а касније стагнације и опадања производње, тај период нажалост још увек траје.

Свакако стагнација и опадање производње су последице санкција, неуспешне приватизације и реструктурирања, технолошке застарелости, високог учешћа сиве економије, нестабилне валуте чији је курс првенствено окренут потрошачким интересима, тј. интересима увозника, оптерећења дуговима, али и изостанак страних инвестиција.

Основни проблеми и ограничења пословања српских ливница су: општа неликвидност (ливнице Топола, Ниш и Кикинда), висока задуженост ливница (Гуча, Пожега, Зрењанин), високи трошкови пословања (све ливнице), дуготрајне реорганизације (Топола), лоше приватизације (Кикинда, Топола, Гуча и Пожега) и недостатак механизма за подршку ревитализацији индустрије у Србији.

Ливнице у Србији, у транзиционој економији су препуштене стихији слободног тржишта, а као део металског сектор одувек су биле сконцентрисане око великих система који су око себе окупљали кооперанте. Непостојање таквих система и коопераната данас представља огромну препреку ревитализацији ливница а самим тим и целокупног металског сектора. Све наведене околности су утицале да се не успостави линеарна зависности између нивоа знања, нивоа интерних процеса и финансијских перспектива.

Како би се утврдила линеарна зависност између нивоа знања, нивоа интерних процеса и финансијских перспектива (стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит), од шест српских ливница изабрана је ливница Гуча с обзиром на најбоље финансијске показатеље и показатеље који се односе на ниво интерних процеса.

За потребе утврђивања линеарне зависности између нивоа знања, нивоа интерних процеса и финансијских перспектива посматрани су подаци за ливницу Гуча у периоду 2005.-2013. година. [Прилог 3]

## 6.5 Добит *EBITDA* – добит пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит у зависности од нивоа знања и нивоа интерних процеса у ливници Гуча за период 2005.-2013.година

Табела 6.17 Добит *EBITDA* у зависности од нивоа знања и нивоа интерних процеса

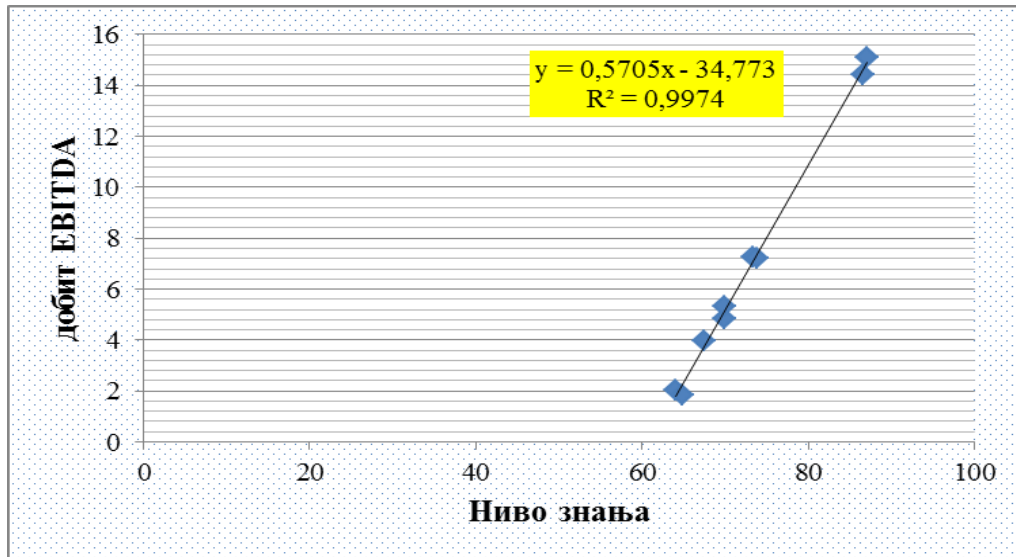
Ливница Гуча	Ниво интерних процеса (%) X2	Ниво знања (%) X1	ЕБИТДА (%) Y
2005	75,3	64,1	2,02
2006	81,1	73,4	7,28
2007	81,2	73,8	7,19
2008	75,7	64,9	1,84
2009	77,1	67,48	3,98
2010	78,5	69,9	4,86
2011	80,25	70	5,32
2012	91,2	87,1	15,1
2013	91,3	86,6	14,43

Табела 6.18 Сумарни извештај - добит *EBITDA* у зависности од нивоа знања и нивоа интерних процеса

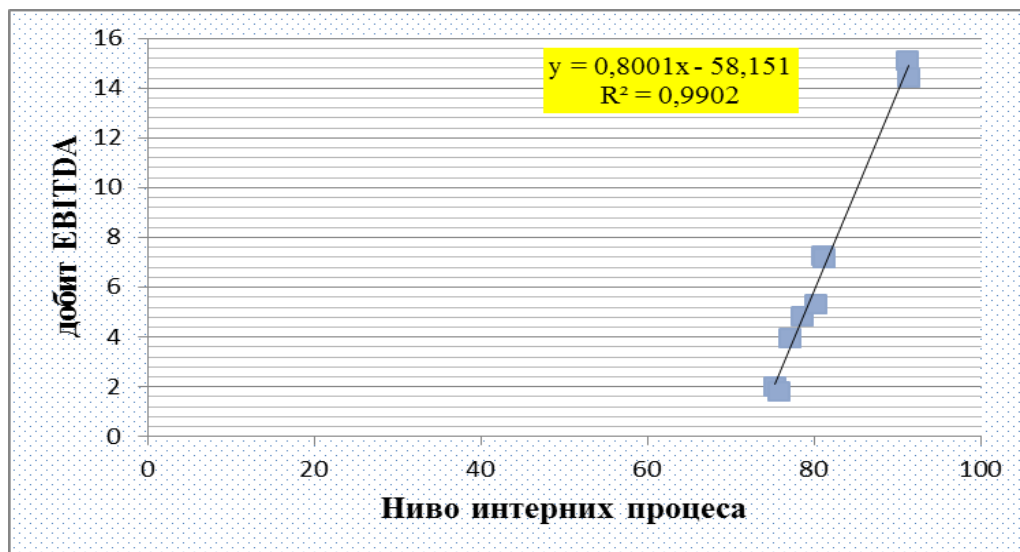
Regression Statistics								
Multiple R	0,998702792							
R Square	0,997407266							
Adjusted R Square	0,996543021							
Standard Error	0,285608486							
Observations	9							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	2	188,2816556	94,14082782	1154,079691	1,74291E-08			
Residual	6	0,489433244	0,081572207					
Total	8	188,7710889						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-36,29196749	5,355118325	-6,777061737	0,000504503	-49,39546999	-23,188465	-49,39546999	-23,188465
Ниво интерних процеса (%) X2	0,053303413	0,185465662	0,287403136	0,78347172	-0,400514713	0,507121538	-0,400514713	0,507121538
Ниво знања (%) X1	0,531719138	0,13547189	3,924940719	0,007757755	0,200231365	0,863206912	0,200231365	0,863206912

$$y = -36,29196749 + 0,531719138 x_1 + 0,053303413 x_2 \quad (7)$$

$EBITDA (\%) = -38,29196749 + 0,531719138 (\text{ниво знања } \%) + 0,053303413 (\text{ниво интерних процеса } \%)$ .



Слика 6.42 добит EBITDA у зависности од нивоа знања



Слика 6.43 добит EBITDA у зависности од нивоа интерних процеса

I. независна варијабла ниво знања:

- за сваки степен повећања нивоа знања, при константном нивоу интерних процеса, добит EBITDA се повећава за 0,531719138%.

2. независна варијабла ниво интерних процеса:

- за сваки проценат повећања нивоа интерних процеса, при константном нивоу знања, добит *EBITDA* се повећава за 0,053303413%.

3. *Intercept*:

Интервал поузданости

Када је ниво интерних процеса = 0% и ниво знања = 0%, добит *EBITDA* је -36,29196749%.

1. *Intercept b*

$$95\% \text{ IP: } b \pm t_{0,05; n-2} S_b \quad t_{0,05; 7} = 2,365$$

$$95\% \text{ IP: } -36,29196749 \pm 2,365 (5,355118325)$$

када је ниво знања = 0% и ниво интерних процеса = 0 %, просечна добит *EBITDA* је од 49,39546999 до -23,188465 %.

1. независна варијабла ниво знања ( $b_1$ )

$$95\% \text{ IP: } b_1 \pm t_{0,05; n-1} S_{b1} \quad t_{0,05; 7} = 2,365$$

$$95\% \text{ IP: } 0,531719138 \pm 2,365 (0,13547189)$$

за сваки проценат повећања нивоа знања, просечна добит *EBITDA* се повећава од – 0,200231365 до 0,863206912 %.

2. независна варијабла ниво интерних процеса ( $b_2$ )

$$95\% \text{ IP: } b_2 \pm t_{0,05; n-1} S_{b1} \quad t_{0,05; 7} = 2,365$$

$$95\% \text{ IP: } 0,053303413 \pm 2,365 (0,185465662)$$

за сваки проценат повећања нивоа интерних процеса, просечна добит *EBITDA* се смањује до  $-0,400514713$  и повећава до  $0,507121538$  %.

$$t_{0,05; 7} = 2,365$$

$$tx_2 < t_{\alpha, N-2}; (0,287403136 < 2,365)$$

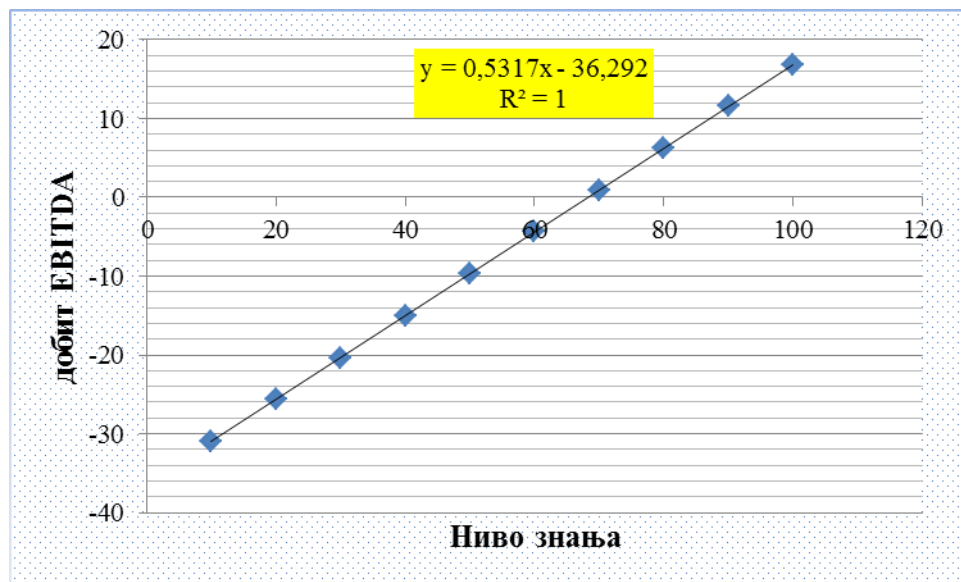
$H_0$  се прихвата.

Закључак: не постоји значајна линеарна зависност између нивоа интерних процеса и добити *EBITDA*.

$$tx_1 < t_{\alpha, N-2}; (3,924940719 > 2,365)$$

$H_0$  се не прихвата.

Закључак: постоји значајна линеарна зависност између нивоа знања и добити *EBITDA*.



Слика 6.44 добит *EBITDA* у зависности од нивоа знања

На основу утврђивања зависности између нивоа знања, нивоа интерних процеса и финансијске перспективе изражене преко стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит, у ливници Гуча за посматрани период 2005.-

2013.година, методом вишеструке линеарне регресије, утврђено је да постоји линеарна зависност између нивоа знања и стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит.

Са слике 6.44 очигледно је да се повећањем нивоа знања повећава и стопа добити *EBITDA*. Ако би ниво знања достигао вредност од 100%, односно ако би се с почетних 70% ниво знања повећао за 30%, стопа добити *EBITDA* достигла би вредност 16,88%.

*Табела 6.19 Ниво сензитивности варијабле на финансијску перспективу EBITDA*

-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%
-15,0232	-9,7060	-4,38883	0,9363722	6,24556355	11,562755	16,87995

Стопа ниво сензитивности  $\Delta$  *EBITDA* износи 5,31719138.

На основу наведеног може се извести хипотеза да се унапређењем знања утиче на унапређење пословања компаније.

# VII ПРИСТУП УНАПРЕЂЕЊУ ТЕХНОЛОШКОГ ПРОЦЕСА (DoE) - ЕФЕКТИ

*У овом поглављу утврђен је план спровођења експерименталних истраживања у циљу доказивања друге хипотезе. Извршено је дизајнирање и одређене су намере експеримента. Дате су уводне напомене о технолошком процесу млевења руде бакра. Извршено је идентификовање варијабли и описана је предикција нивоа хабања одливака који се користе у технолошком процесу млевења руде бакра. Дате су теоријске основе кернел технике и описана је теорија линеарне регресије.*

*Детаљно је описано извођење експеримента, испитивање тврдоће одливака и испитивање хемијског састава одливака. Експериментално је одређен ниво хабања одливака. Представљен је развијени SVM модел. Спроведене су тест и тренинг фазе а након тога и примена развијеног SVM модел у процесу легирања. Такође, у оквиру овог поглавља приказан је план спровођења експерименталних истраживања у циљу доказивања треће хипотезе. У оквиру припреме спровођења експерименталних истраживања извршена је спознаја и дефинисан је програм истраживања. Утврђен је циљ истраживања - успостављање зависности између параметара ливења, односно оптимизација процеса ливења. За постављену хипотезу извршена је разрада модела, извршен је избор и дефинисани су факторски нивои и утврђен је план експеримента. Направљена је матрица планирања експеримента. У оквиру спровођења експеримента извршен је избор експеримента - потпуни вишефакторни план експеримента који се још назива и метод површине реаговања или одзива. Урађен је пројекат експеримента и постављен је експериментални систем. Експеримент је извршен с умереном и тестираном контролном опремом уз дефинисане услове извођења. На крају извршена је обрада резултата и изведен је закључак.*

## **7.1 План спровођења експерименталних истраживања у циљу доказивања хипотезе 2**

### **7.1.1 Преддизајнирање експеримента**

Након одређивања вредности кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства, и применом BSC концепта на примеру ливнице Гуча, утврђено је да су

индикатори *KPI 2* ефикасност производње, *KPI 4* потрошња енергије на топлењу, *KPI 6* потрошња воде и *KPI 7* радна продуктивност, након поређења с вредностима за руске, европске и светске ливнице на нижем нивоу у односу на исте. Како би се вредности ових индикатора унапредиле а самим тим и унапредили технолошки процеси у ливницама, отпочеле су припреме за дизајнирање експеримента.

## **7.2 Дизајнирање експеримента**

### **7.2.1 Одређивање намере експеримента**

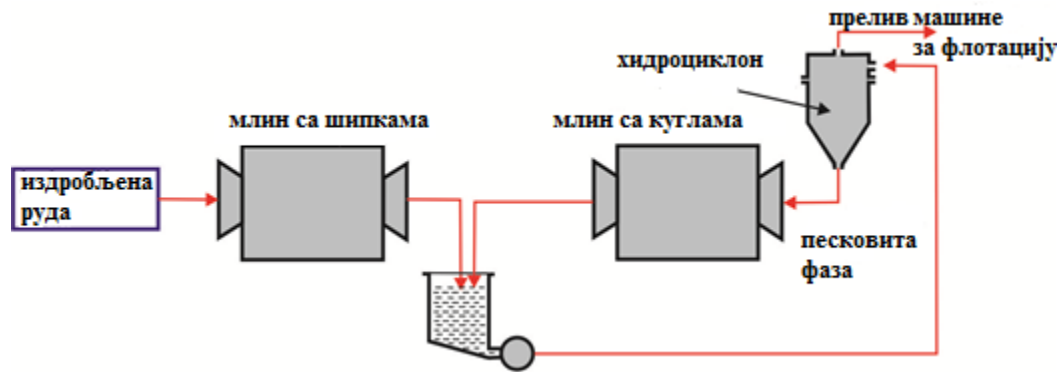
Намера спровођења експеримента јесте развој методологије *SVM* модела за одређивање нивоа хабања одливака отпорних на хабање ливених од белог ливеног гвожђа с ниским садржајем хрома (флотационе кугле), које се користе за млевење руде бакра. Друга намера експеримента је да се развијени *SVM* модел примени за дефинисање оптималне количине хрома у технолошком процесу легирања растопљеног метала за ливење флотационих кугли које се, како је већ наведено, користе у рударској индустрији.

### **7.2.2 Технолошки процес млевења руде бакра**

Ослобађање минерала из руде бакра изводи се млевењем руде према технолошкој шеми датој на слици 7.1. Претходно издробљена руда на приближну крупноћу око  $20mm$ , прво се уситњава (меље) у млиновима са шипкама на крупноћу  $P_{80}=1,4mm$ , а затим у млиновима с куглама до максималне крупноће  $P_{80}=0,125mm$  при чему је око 70% укупне масе с крупноћом од  $0,075mm$ .

Током процеса млевења у млинове се додају руда, вода, креч и реагенси (мокро млевење). Тако припремљена маса (пулпа) допрема се у уређаје за класирање (хидроциклоне) у којима се врши раздвајање на готов производ млевења (прелив) који одлази на процес основног флотирања и на масени део (песковита фаза) који се поново враћа у млин с куглама на домеловање (затворен систем). Након тога, производ млевења (прелив) после припреме иде у машине за флотирање типа *DENVER*, *WEMACO* или *AGITAIP*.





Слика 7.1 Млевење руде бакра у флотацији „Бор“ - технолошка шема млевења

Маса руде и кугли у млину одређени су геометријским елементима млина, којима се оптимизира кинетичка енергија тела за млевење (кугли) као директна релација између ефикасности рада млина и релативног броја обртаја млина. Такође се усклађује оптимално запреминско пуњење млина масом руде и масом кугли, [105] у циљу смањења специфичне потрошње енергије и нивоа хабања кугли. За одржавање процеса млевења под сталним и једнаким условима потребно је константно одржавање снаге млевења на максимуму, што се постиже уједначеним запреминским пуњењем млина рудом и куглама. Обртањем напуњеног млина долази до релативног кретања руде и кугли унутар млина чиме се остварује функција млевења. У току кретања у млину, кугле као тела за млевење су у међусобном контакту и у контакту с масом за млевење (рудом), услед чега долази до хабања кугли. Од карактеристика хабања кугли зависи како квалитет млевења руде тако и економичност процеса производње која битно утиче на цену произведеног бакра.

Ниво хабања флотационих кугли с једне стране зависи од механичко-хемијских карактеристика материјала кугли добијених процесом ливења, а с друге стране од састава руде. Технологијом израде флотационих кугли преко тврдоће (*HRC*) и хемијског састава може се утицати на ново хабања кугли. Да би се технолошким процесом млевења руде бакра управљало на оптималан начин потребно је на неки начин успоставити зависност између технологије израде флотационих кугли и технолошког процеса млевења руде. Дакле, циљ овог експеримента јесте успостављање зависности између технологије израде флотационих кугли и технолошког процеса млевења руде бакра.

Постављена хипотеза је у складу са циљем истраживања у оквиру овог експеримента и она гласи: хипотеза 2 - SVM модел се може успешно користити при унапређењу технолошких процеса у ливницама.

Како не постоји експлицитна зависност између карактеристика кугли и нивоа хабања у процесу мљења руде, намера аутора ове дисертације је да се за успостављање наведене зависности употреби SVM метод. [106] Такође, развијени SVM модел користиће се за дефинисање оптималне количине хрома [у интервалу  $Cr=(2,2-2,8)\%$  уз познат састав осталих хемијских елемената] коју треба да имају флотационе кугле како би у датом случају ниво хабања ( $P$ ) био минималан.

## 7.2.3 Идентификовање варијабли

### 7.2.3.1 Предикција нивоа хабања флотационих кугли

Флотационе кугле које се користе у технологији припреме руде су уобичајеног хемијског састава [ $C=(3,2-3,8)\%$ ,  $Si=(0,4-0,8)\%$ ,  $Cr=(2,2-2,8)\%$ ,  $Mn=(0,4-0,8)\%$ ,  $P_{max}=0,1\%$ ,  $S_{max}=0,1\%$ ]. Како при истом хемијском саставу и истој тврдоћи (Роквел  $C - HRC$ ) флотационих кугли, у процесу експлоатације није исти ниво хабања, па се додавању легирајућих елемената у процесу производње флотационих кугли технологијом ливења мора посветити посебна пажња, а посебно количини хрома ( $Cr$ ) као главног легирајућег елемента.

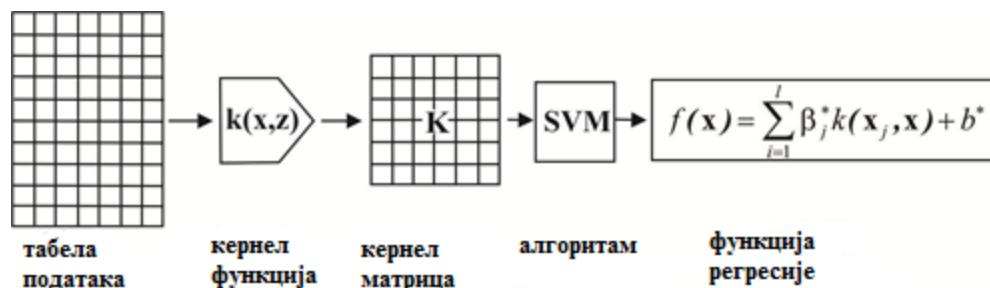
SVM је *machine learning* метод који се заснива на теорији статистичког учења. Основна идеја овог алгоритма је да се у скупу коначног броја података уоче релације (модел), који важе за тај скуп. Идентификацијом и учењем ових релација, SVM стиче особину генерализације, која заправо значи да ће алгоритам бити у стању да изврши прогнозирање (предикцију) над новим подацима генерисаним од стране истог извора. Очигледно, SVM захтева базу података која се састоји од коначног броја парова података. У оквиру базе података уз сваки вектор улазних података који описују техничко-технолошке карактеристике флотационих кугли смешта се и измерени ниво хабања у процесу мљења. База података добијена је експерименталним мерењем нивоа хабања

флотационих кугли одговарајућег хемијског састава и тврдоће и служи за тренирање алгорита. Како не постоји једноставна и општа детерминистичка релација која функционално везује улазне карактеристике кугли с хабањем, за решавање описаног проблема изабрана је теорија статистичког учења. Задатак теорије статистичког учења је истраживање статистичке зависности између случајних променљивих извлачећи што је могуће више информација из коначног скупа података. Развијен је велики број функција које се заснивају на *SVM* алгоритму (класификација, регресија, рангирање, кластеровање, и др.) За овај рад од посебног значаја је функција регресије *SVR* где се на основу реалне тренинг базе *SVR* алгоритам тренира своје параметре. Тако истрениран алгоритам се касније користи за процену нивоа хабања за неки нови хемијски састав и механичке карактеристике флотационих кугли.

У случају предикције нивоа хабања флотационих кугли у процесу млевења руде бакра улазни подаци су тврдоћа кугли (*HRC*), хемијски састав ( процентуални садржај *C*, *Si*, *Mn*, *Cr*), а излазни податак је ниво хабања кугли током процеса млевења  $P(g/kg)$  – ( похабана маса кугли у грамима /самлевена руда у килограмима).

### 7.2.3.2 Основе *kernal* технике

Релације између посматраних података у реалним ситуацијама често су нелинеарне. Основна стратегија *kernel* технике је пресликавање података из оригиналног простора у простор у коме се модели могу идентификовати као линеарне релације. [107,108] Након пресликавања података у погодно изабраном карактеристичном простору примењују се стандардни алгоритми за анализу модела који се базирају на линеарној алгебри, геометрији и статистици. У процесу припреме података користи се *kernel* функција чији избор зависи од типа података који се обрађују, при чему се једна иста *kernel* функција може комбиновати с различитим алгоритмима и на тај начин решити широк опсег постављених проблема. Слика 7.2 приказује основне кораке при имплементацији методе за анализу модела. *Kernel* функција обрађује улазне податке и као резултат генерише *kernel* матрицу након чега се иста доставља *SVM* алгоритму за анализу модела који има задатак да детектује одговарајућу функцију модела. Генерисана функција модела на основу нових улазних података врши предикцију одговарајуће излазне вредности.



Слика 7.2 Основна структура kernel алгоритма за анализу модела [104,106,107]

Kernel функција је функција  $k$  која за свако  $x, y \in X$  задовољава скаларну релацију (1)

$$k(x, z) = \langle \phi(x), \phi(z) \rangle \quad (1)$$

где је  $\phi$  - пресликавање којим се улазни простор  $x$  пресликава у карактеристичан простор  $F$ .

У раду као kernel функција коришћена је експоненцијална RBF (Radial Basis Function) функција дата релацијом (2) [7,111],

$$k(x, z) = \exp\left(-\frac{\|x - z\|^2}{2p^2}\right) \quad (2)$$

где је:  $p$  - параметар функције.

Kernel матрица представља централну структуру података и има улогу интерфејса између улазних података и SVM. Такође садржи све информације неопходне за извођење SVM алгоритма. За дати скуп улазних података  $S = \{x_1, \dots, x_l\}$ , и kernel функцију  $k(\cdot, \cdot)$ , kernel матрица као  $l \times l$  матрица  $K = (K_{ij})_{i,j=1}^l$  дата је релацијом (3),

$$K_{ij} = k(x_i, x_j), i, j = 1, \dots, l \quad (3)$$

Треба имати у виду да само преко ове матрице learning алгоритми добијају информације о подацима и избору карактеристичног простора.

Пресликавање оригиналних података у карактеристичан простор приказано је на слици 7.2 и дата релацијом (4).

$$\phi: x \in \mathcal{R}^n \rightarrow \phi(x) \in F \subseteq \mathcal{R}^N \quad (4)$$

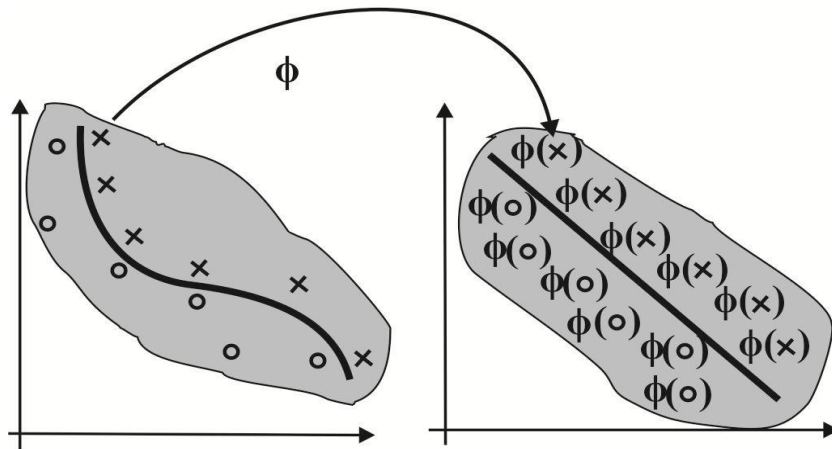
где је:  $F$  - карактеристичан простор,  $n$  - димензионалност простора оригиналних података,  $N$  - димензионалност карактеристичног простора,  $\mathfrak{R}$  - скуп података. Пресликавање  $\phi$  се дефинише тако да нелинеарне релације у оригиналном простору претвори у линеарне релације у карактеристичном простору. Функција  $\phi$  пресликава оригинални скуп података дат релацијом (5) у скуп података дат релацијом (6) при чему треба да буде задовољена релација (7),

$$S = \{(x_1, y_1), \dots, (x_l, y_l)\} \quad (5)$$

$$\hat{S} = \{(\phi(x_1), y_1), \dots, (\phi(x_l), y_l)\} \quad (6)$$

$$f(x, y) = |y - g(x)| \approx 0 \quad (7)$$

где је:  $x_i$  - улазни податак,  $y_i$  - излазни податак,  $g(x)$  - линеарна функција која на најбољи начин интерполира скуп података.



Слика 7.3 Принцип пресликавања података из оригиналног у карактеристичан простор

### 7.2.3.3 Линеарна $\epsilon$ - insensitive SVR регресија

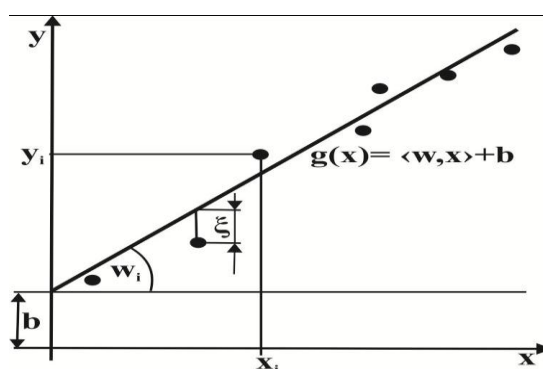
#### 7.2.3.3.1 Линеарна регресија

За дати тренинг скуп података (5), где  $x_i$  представља улазни податак из скупа  $x \in \mathfrak{R}^n$ , док  $y_i$  означава одговарајући излазни податак из скупа  $Y \subseteq \mathfrak{R}$ , проблем линеарне регресије се

своди на проблем проналажења реалне линеарне функције (8) која најбоље интерполира тренинг скуп података.

$$g(x) = \langle w, x \rangle + b = w'x + b = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b \quad (8)$$

У релацији (8) нотација  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  означава  $n$  – димензионални вектор улазних података, док  $w'$  представља транспоновани вектор вектора  $w \in \mathfrak{R}^n$ . Проблем линеарне регресије слика 7.4 заправо подразумева проналажење параметара  $w$  и  $b$  тако да вредност линеарне функције  $g$  за посматрани аргумент  $x$  што је могуће више одговара вредности  $y$ . Функција модела у овом случају треба да задовољи релацију (7),



Слика 7.4 Принцип једнодимензионалне линеарне регресије [107]

У егзактном случају када постоји  $l = n$  линеарно независних тачака, вектор  $w$  одређује се системом линеарних једначина (9),

$$Xw = y \quad (9)$$

где је:  $X$  - матрица чије су врсте вектори  $x'_1, \dots, x'_l$  док је  $y$  вектор  $(y_1, \dots, y_l)$ .

Уколико је број података мањи од броја димензија  $l < n$ , постоји велики број могућих вектора  $w$  који могу бити решење система једначина (9) па је у тим случајевима потребан додатни критеријум за избор овог параметра, односно бира се вектор  $w$  с минималном нормом. С друге стране уколико је број података већи од димензионалности простора ( $l > n$ ), и уколико је процес генерисања података под утицајем шума не може се очекивати

егзактан модел. У таквим случајевима бира се модел који уноси најмању грешку. Генерално, у пракси је најчешће на располагању коначан скуп података  $l < n$  који је под незаобилазним утицајем шума. У таквим случајевима решење система једначина (9) захтева избор вектора  $w$  с малом нормом, а за коју се истовремено добија и мала грешка предикције. [107,108,111]

### 7.2.3.3.2 Линеарна $\varepsilon$ -insensitive функција грешке

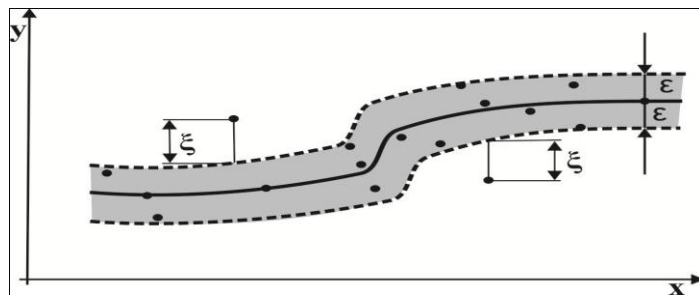
Занемаривањем грешки које су мање од извесног прага ( $\varepsilon > 0$ ) створен је регион око стварно измерене вредности, односно у SVR алгоритам уведена је  $\varepsilon$ -insensitive функција грешке. Линеарна  $\varepsilon$ -insensitive функција грешке дата је релацијом (10). [107,108]

$$L^\varepsilon(x, y, g) = |y - g(x)|_\varepsilon = \max(0, |y - g(x)| - \varepsilon) \quad (10)$$

где је:  $g$  – реална функција дефинисана над доменом  $X, x \in X$  и  $y \in \mathfrak{R}$ .

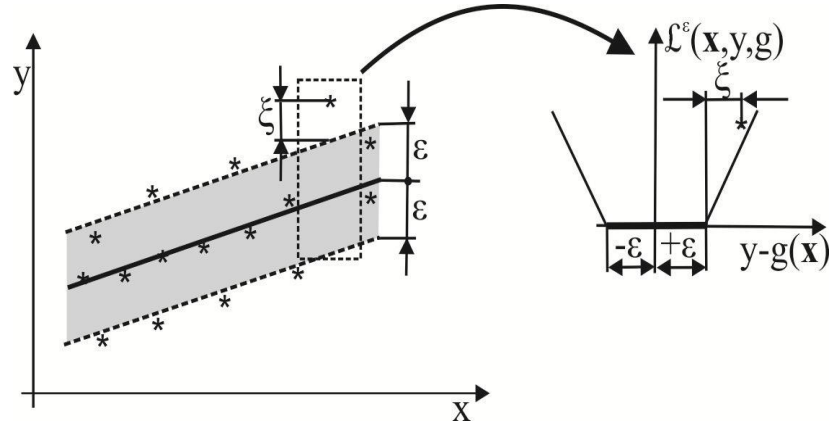
Линеарна  $\varepsilon$ -insensitive функција грешке добија вредност нула уколико је стварна грешка мања од дефинисаног прага  $\varepsilon > 0$ . Ова модификација представља један од основних принципа на којима почива развој SVR алгоритма.

Слика 6.4 представља пример једнодимензионалне функције регресије базиране на  $\varepsilon$ -insensitive функцији грешке као и одговарајући  $\varepsilon$ -insensitive регион. Параметар  $\xi$  (slack променљива) означава меру грешке за поједине тренинг тачке. За све тачке унутар  $\varepsilon$ -insensitive региона параметар  $\xi$  има нулту вредност.



Слика 7.5 Функција регресије базирана на  $\varepsilon$ -insensitive функцији грешке

На слици 7.6 дата је основна идеја линеарне  $\varepsilon$ -insensitive регресије SVR за функцију грешке дефинисану релацијом (10).



Слика 7.6 Принцип линеарне  $\varepsilon$ -insensitive регресије [111]

Линеарни  $\varepsilon$ -insensitive SVR алгоритам изводи се у следећим корацима [111]:

- дефинисање улазног тренинг скупа података,  $S = \{(x_1, y_1), \dots, (x_l, y_l)\}$ ,  $C > 0$
- одређивање вектора  $\beta^*$  као решење оптимизационог проблема:

$$W(\beta) = \sum_{i=1}^l y_i \beta_i - \varepsilon \sum_{i=1}^l |\beta_i| - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l \beta_i \beta_j k(x_i, x_j), \text{ уз ограничење}$$

$$\sum_{i=1}^l \beta_i = 0, -C \leq \beta_i \leq C, i = 1, \dots, l \quad (11)$$

- одређивање вектора тежинских коефицијената:  $w = \sum_{j=1}^l \beta_j^* \phi(x_j)$
- одређивање оптималног прага функције регресије:

$$b^* = -\varepsilon + y_i - \sum_{j=1}^l \beta_j^* k(x_j, x_i), \text{ при чему се } i \text{ бира тако да важи } 0 < \beta^* < C$$

$$\text{Форма функције регресије је: } f(x) = \sum_{j=1}^l \beta_j^* k(x_j, x) + b^* \quad (12)$$

Крајњи резултат SVR алгоритма је вектор тежинских коефицијената  $w$ , вектор  $\beta^*$ , праг функције регресије  $b^*$  и функција регресије  $f(x)$ .



где је:  $C$  - параметар који се бира у току симулације (у литератури се назива *box-constraint*),  $\beta_j$  - разлика оптималних вредности *Lagrange*-ових мултипликатора ( $\beta_j = \hat{a}_j - a_j, j = 1, \dots, l$ ), уз услов  $\hat{\alpha}_j \alpha_j = 0$  [111],  $b^*$  - праг функције регресије,  $k$  - изабрана кернел функција.

## 7.2.4 Дизајнирање експеримента

У циљу развоја *SVM* модела изведена су мерења хемијског састава флотационих кугли, тврдоће кугли и одговарајућег нивоа хабања у процесу млевења руде у експерименталном млину. Како се при једном експерименту мерење нивоа хабања флотационих кугли у лабораторијском млину изводи с десет кугли (маса кугле 850g), то је за мерење хемијског састава и тврдоће кугли узорковано по десет кугли ливених из исте шарже (једним уливањем одлива се свих десет кугли). Тиме је обезбеђено да све кугле током једног експеримента имају исти хемијски састав, а за тврдоћу је коришћена просечна вредност тврдоће измерена код свих десет кугли на посебно припремљеној површини.

## 7.2.5 Извођење експеримента

### 7.2.5.1 Испитивање тврдоће флотационих кугли

Испитивање тврдоће изведено је методом *Rockwel "C"* (уређај: Тип 5006-УХЛ 4.2, *ТОЧПРИБОР РОСИИ*, слика 7.6) на претходно припремљеним узорцима кугли (паралелне калоте кугли фино пребршене на укупну висину  $h=50\text{ mm}$ ). Део тих резултата приказан је у табели 7.1.



Слика 7.7 Мерење тврдоће узоркованих кугли методом *Rockwel „C“* [112]

### 7.2.5.2 Испитивање хемијског састава флотационих кугли

Испитивање хемијског састава узоркованих кугли с површинама припремљеним на исти начин као за мерење тврдоће извршено је методом оптичке спектрохемијске анализе на мерном уређају *METAL-LAB 75/80 (GNR-ITALIJA)* датом на слици 7.8. Процесирање резултата анализе изведено је на придодатом рачунару помоћу одговарајућег софтвера за детерминацију до четрнаест хемијских елемената (*C, Si, Mn, S, P, Cu, Ni, Cr, Mo, Sn, V, Pb, Ti, Al*). Део тих резултата приказан је у табели 7.1.

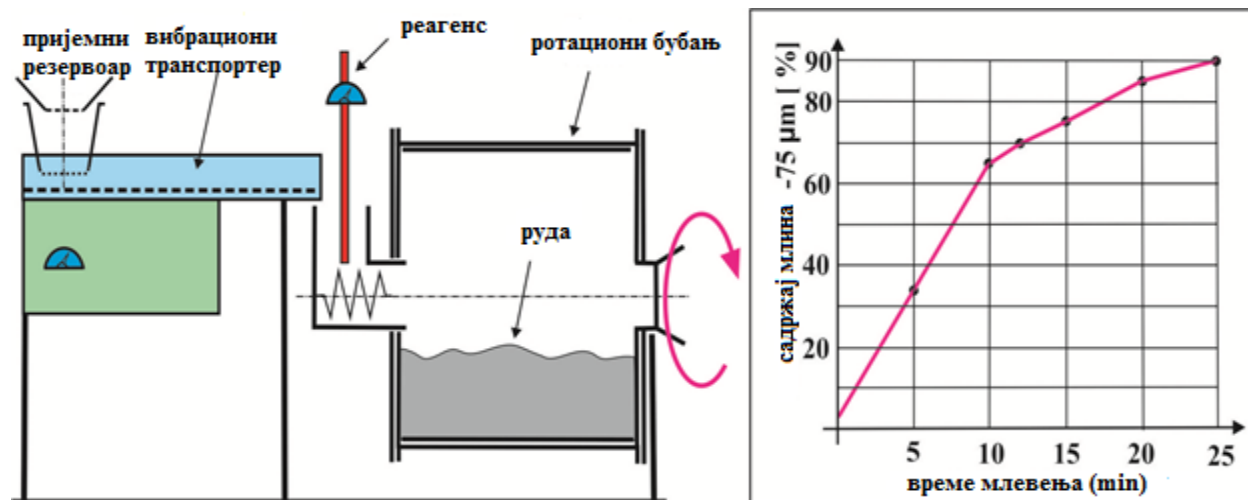


*Слика 7.8 Спектрохемијска анализа хемијског састава узоркованих кугли: изглед спектрохемијског уређаја и место постављања узорка за анализу*

### 7.2.5.3 Експериментално одређивање нивоа хабања флотационих кугли

Експерименти млевења изведени су у млину оптималног запреминског пуњења  $V=15,2 \text{ dm}^3$  (слика 7.9) с куглама пречника  $\varnothing 60\text{mm}$  које се користе у процесу експлоатације. Током сваког експеримента маса новог пуњења куглама била је  $8,5 \text{ kg}$ , а почетна маса руде бакра износила је  $2,5 \text{ kg}$ . Након сваких  $12\text{min.}$  у млин је додавана нова маса руде у количини од  $2,5 \text{ kg}$  (слика 7.8б). Наведени експеримент траје док се не измеље узоркована маса руде од  $500 \text{ kg}$ . На основу више оваквих експеримената изведених под истим условима добијено је око  $60$  експерименталних резултата исказаних у грамима похабане масе кугли по килограму самлеване руде ( $\text{g/kg}$ ). Део тих резултата приказан је у табели 7.1 у виду скупа података који су коришћени за тренинг SVR алгоритма (четрдесет три

експериментална резултата) и скупа података коришћених за тест SVR алгоритма (седамнаест експерименталних резултата).

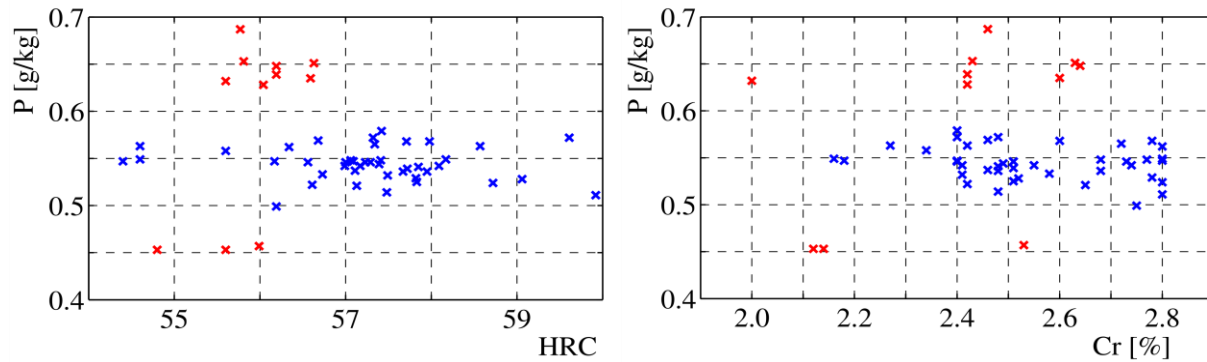


Слика 7.9 Експериментално млевење руде бабра у флотацији „Бор“ а) изглед млина, б) карактеристика млевења[110]

Табела 7.1 Део резултата (база података) лабораторијског испитивања флотационих кугли приказан у облику скупа тренинг података и скупа тест података SVR алгоритма

СКУП ТРЕНИНГ ПОДАТАКА						СКУП ТЕСТ ПОДАТАКА					
HRC	Mn %	Cr %	C %	Si %	P [g/kg]	HRC	Mn %	Cr %	C %	Si %	P [g/kg]
57.17	0.40	2.74	3.57	0.65	0.54	57.39	0.44	2.49	3.58	0.52	0.54
56.59	0.41	2.60	3.33	0.63	0.64	59.06	0.43	2.52	3.48	0.56	0.53
57.95	0.43	2.68	3.35	0.56	0.54	57.71	0.42	2.60	3.59	0.40	0.57
57.29	0.48	2.40	3.52	0.71	0.55	57.32	0.40	2.48	3.51	0.56	0.57
58.72	0.44	2.80	3.41	0.48	0.52	58.17	0.44	2.80	3.95	0.66	0.55
57.34	0.40	2.72	3.45	0.31	0.57	56.19	0.40	2.64	3.34	0.36	0.65
59.92	0.49	2.80	3.53	0.57	0.51	57.85	0.42	2.48	3.48	0.41	0.54
59.61	0.40	2.40	3.53	0.43	0.57	57.42	0.40	2.40	3.11	0.52	0.58
55.56	0.41	2.71	3.40	0.30	0.67	58.57	0.45	2.42	3.40	0.64	0.56
55.47	0.43	2.44	3.64	0.46	0.71	55.77	0.44	2.46	3.66	0.44	0.69
...					...	...					...

На сликама 7.10 а и 7.10 б графички је приказана зависност потрошње флотационих кугли од тврдоће Rockwel „C“ и од процентуалног садржаја хрома (%Cr) као главног легирајућег елемента.



Слика 7.10 Графички приказ нивоа хабања флотационих кугли: а) у зависности од тврдоће Rockwel „С“ [113] и б) процентуалног садржаја хрома као главног легирајућег елемента

## 7.2.6 Развој SVM модела

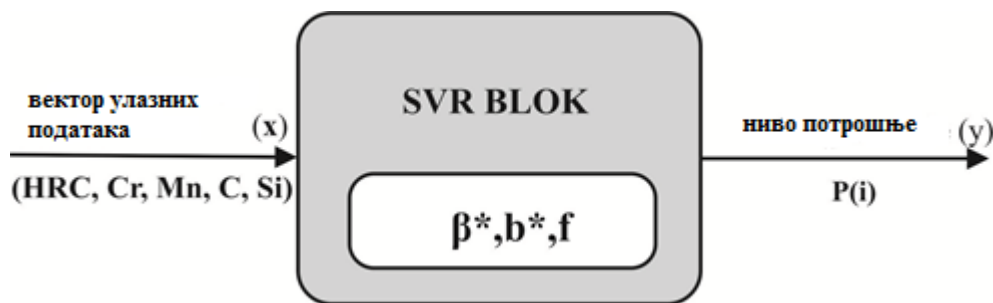
*SVM* укључује неколико различитих функција, као што су класификација, регресија, кластеровање и друго, што омогућује његову примену за управљање различитим производним процесима [114,115,116]. С обзиром на постављени проблем, у овом раду од посебног интереса је *SVM* функција регресије, а одговарајући *learning* алгоритам назива се *SVR* алгоритам. *SVR* алгоритам састоји се из две фазе, а то су тренинг (*off-line*) фаза и тест (*on-line*) фаза. Експериментални резултати чији је део приказан у табели 7.1 представљају базу података која се користи за развој *SVM* модела. Базу чине два скупа података. Први скуп података (тренинг скуп) служи за тренирање *SVR* алгоритма, а други скуп података (тест скуп) служи за анализу перформанси развијеног модела. Као што се види, у свакој врсти табеле 7.1 налазе се улазни вектор чији атрибути представљају улазне податке *SVR* алгоритма (*HRC*, *Cr*, *Mn*, *C*, *Si*) и ниво хабања флотацијских кугли (*P*) као излазна вредност.

### 7.2.6.1 Тренинг фаза

*SVR* алгоритам спада у класу алгоритама код којих се комплетна тренинг база података предаје алгоритму на самом почетку тренирања, [107] и има задатак да детектује релацију (модел) која је за скуп података из базе карактеристична.

Детекцијом ове релације, *learning* систем постаје обучен да може извршити предикцију над новим улазним подацима. *SVR* алгоритам се користи за тренирање параметара

функције регресије, тако да се истренирана функција регресије затим користи у тест фази за процену нивоа хабања флотационих кугли за неки нови улазни вектор. Како је ниво хабања флотационих кугли једнодимензионална величина то је једнодимензионална и функција регресије. Слика 7.11 приказује основу реализације једнодимензионалне регресије дате релацијом (12) и описане у претходном излагању.

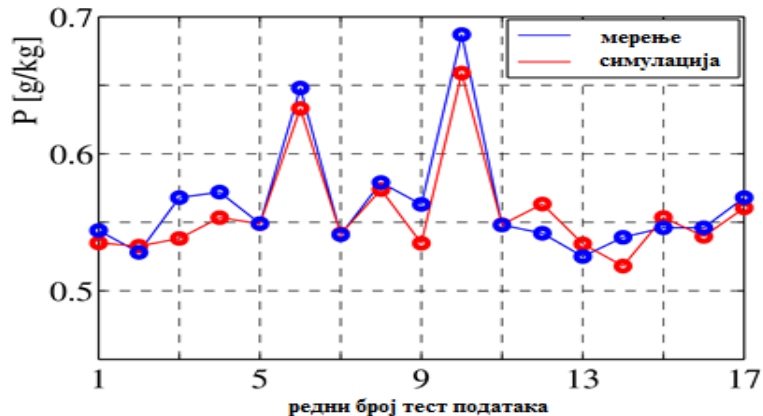


Слика 7.11 Принцип реализације једнодимензионалне регресије [110]

У тренинг фази алгоритму су доступни улазни подаци (скуп тренинг података, табела 7.1),  $x$  као и одговарајући излазни подаци  $y$  који представљају измерене вредности нивоа хабања флотационих кугли. На основу ових података  $SVR$  алгоритам подешава параметре функције регресије, како би се на што бољи начин моделовао одговарајући скуп података. Подешавање параметра функције регресије заправо представља учење начина решавања постављеног проблема.

#### 7.2.6.2 Тест фаза

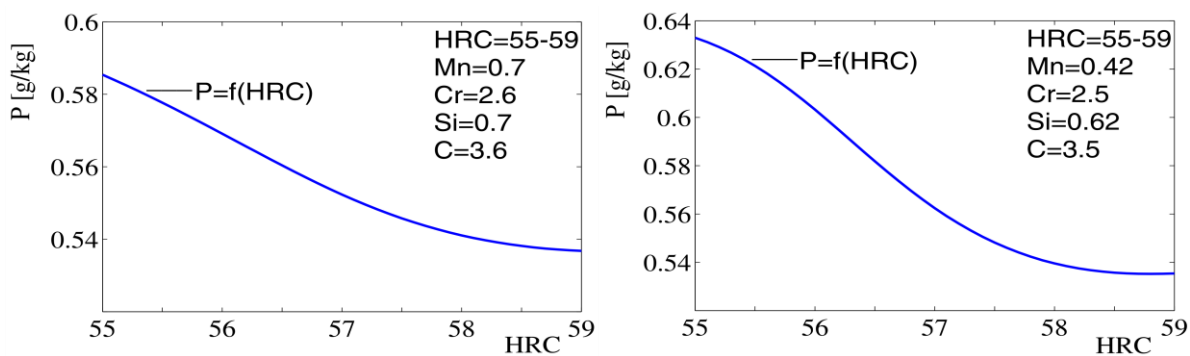
Након оптимизације параметара, функција регресије је коришћена за процену нивоа хабања флотационих кугли који одговара новом снимљеном улазном вектору  $x$  (табела 7.1). На слици 7.12 дато је поређење вредности нивоа хабања флотационих кугли добијених за скуп података намењених тестирању развијеног  $SVR$  алгоритма и измерених вредности нивоа хабања флотационих кугли за исте улазне податке. Са слике 7.12 се види да су резултати добијени развијеним  $SVR$  алгоритмом доста приближни измереним вредностима нивоа хабања флотационих кугли. На основу приказаног може се закључити да развијени  $SVR$  модел може представљати добро решење за предикцију нивоа хабања флотационих кугли.



Слика 7.12 Упоредни преглед измерених вредности нивоа хабања и вредности добијених предикцијом развијеним SVR алгоритмом [110,113]

Процес развоја и верификације перформанси SVM модела предикције симулиран је у програмском пакету *MATlab* коришћењем функција *svdatanorm*, *svr* и *svroutput*. [109] Током наведеног процеса за променљиву  $\epsilon$ , дату у релацији (10), изабрана је вредност  $\epsilon=0,05$ , док су вредности за параметар  $n$  дате у релацији (2) вариране у интервалу од  $n=1\div 601$  с кораком 15, а вредности за параметар  $C$  дате у релацији (11) вариране су у интервалу од  $1\div 15001$  с кораком 250. Најмања вредност стандардне девијације, која износи  $\sigma=0,0146$ , постигнута је при  $n=1$  и  $C=751$ .

При приказаним вредностима параметара  $n$  и  $C$  вредности средње грешке и апсолутне средње грешке износе  $\Delta=0,0074$  и  $|\Delta|=0,0125$ . Применом развијеног SVM модела добијени су резултати нивоа хабања флотационих кугли тврдоће у интервалу од  $55\div 59$  HRC за два различита хемијска састава растопљеног метала ( $Cr$ ,  $Mn$ ,  $C$ ,  $Si$ ) и приказани на слици 7.13.



Слика 7.13 Зависност потрошње флотационих кугли одређеног хемијског састава од тврдоће (HRC)[113]

Са слике 7.13 се види да одлучујући утицај на ниво хабања флотационих кугли има тврдоћа легуре (веће вредности тврдоће обезбеђују мањи ниво хабања) и да при нижим вредностима тврдоће ниво хабања опада с повећањем садржаја  $Mn$  у легури.

### 7.2.7 Примена развијеног модела SVM у процесу легирања

Према пројектованој технологији дробења тела (флотационе кугле) добијају се ливењем претходно припремљеног течног метала у металне алате кроз које струји хладна вода. Према датој технологији [117], функционална зависност тврдоће флотационих кугли дата је релацијом (13),

$$HRC = 21.62T^{0.161}t^{-0.0086}q^{-0.0538} \quad (13)$$

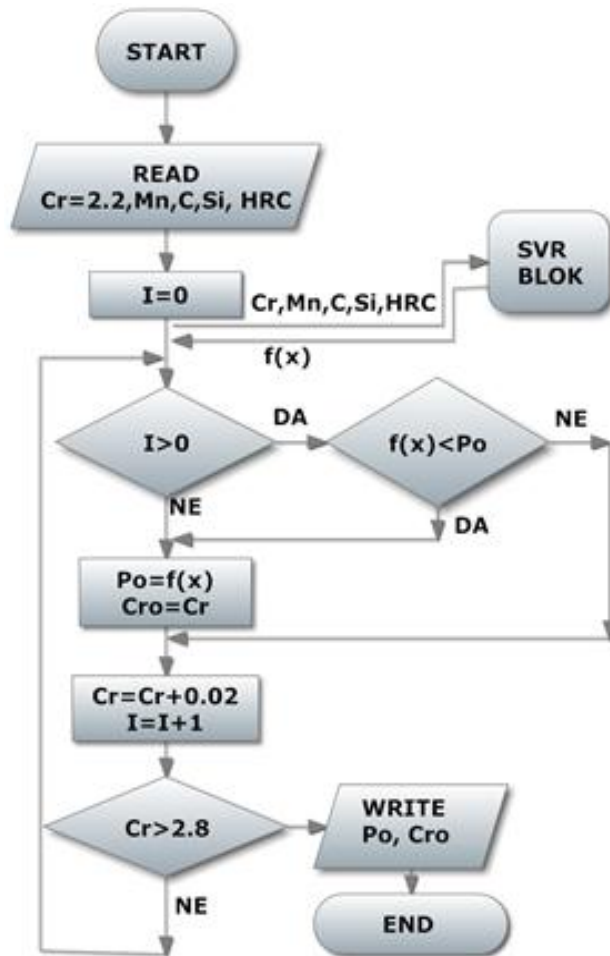
где је:  $T [^{\circ}C]$  – температура уливања течног метала,  $t (s)$  - време држања одливка у алату,  $q (l/min.)$  - проток расхладне течности кроз комору алата.

Наведена релација важи при ливењу легуре течног метала хемијског састава у претходно наведеним границама, која се добија топљењем металних отпадака од угљеничног конструкционог челика у средње фреквентним индукционим пећима.

Дефинисање оптималне количине  $Cr$  у легури (2,2-2,8%) за ливење кугли изводи се применом развијеног модела SVM на следећи начин:

- након хемијске анализе течног метала, легура се доводи на садржај  $C, Si, Mn, P, S$  у претходно датим границама (према потреби изводи се наугљеничење, додаје силицијум или манган);
- дефинише се оптимална количина  $Cr$  у легури развијеним софтвером у *Matlab*-у који је дат алгоритмом на слици 7.14 уз коришћење развијеног модела SVM. Улаз у алгоритам је коначан процентуални састав  $C, Si, Mn$  и  $HRC$  као и стартни садржај  $Cr=2,2\%$ . Излаз из алгоритма је прогнозиран минимални ниво хабања кугли  $Po$  као и оптимални садржај хрома у легури течног метала ( $Cr_o=Cr$ );

- за измерену температуру лива пред уливање, дефинише се време држања одливка у алату и проток расхладне течности кроз комору алата како би се добила тврдоћа кугли која обезбеђује потребне механичке карактеристике ( $HRC \approx 58 HRC$ );
- за дефинисану оптималну количину  $Cr$  у легури, а на основу претходно урађене хемијске анализе изводи се потребно делегирање.

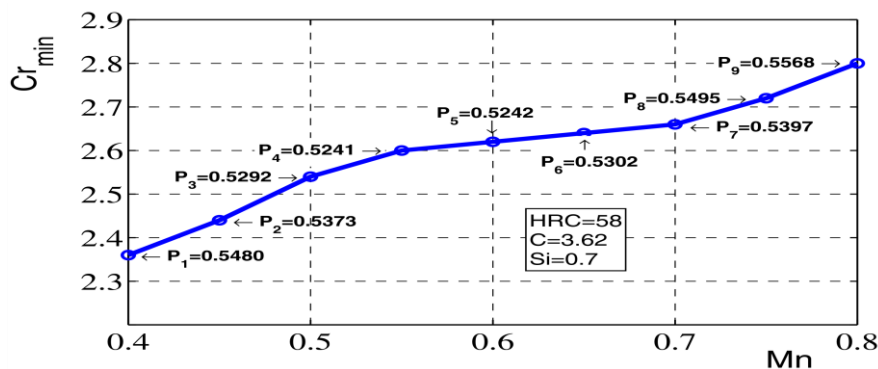


Слика 7.14 Алгоритам за дефинисање оптималне количине хрома у легури и прогнозирање вредности нивоа хабања флотационих кугли

Применом наведеног софтвера, за одређени садржај угљеника и силицијума ( $C=3,62\%$ ,  $Si=0,7\%$ ) и вредност тврдоће кугли  $HRC=58$  при различитом садржају мангана у легури  $Mn= (0,4-0,8)\%$  прогнозиране су вредности нивоа хабања кугли у процесу експлоатације и уједно дефинисане оптималне количине хрома потребне за процес легирања течног метала. Резултати прогнозе су приказани на слици 7.15. С наведеног дијаграма се види да



се најбољи резултати (најнижи ниво хабања) постижу при вредностима мангана у легури  $Mn=(0,5-0,65)\%$  и вредностима хрома  $Cr=(2,5-2,65)\%$ .



Слика 7.15 Пример прогнозирања нивоа хабања флотационих кугли и дефинисања оптималне количине Cr у легури зависно од садржаја Mn

Доказ: Хипотеза 2 - SVM модел се може успешно користити при унапређењу технолошких процеса у ливницама.

Хипотеза је потврђена анализом добијених резултата у ливници Гуча и РТБ Бору где је тестиран развијени алгоритам помоћу одговарајућих рачунарских програма.

## 7.3 План спровођења експерименталних истраживања у циљу доказивања хипотезе 3

### 7.3.1 Припрема спровођења експеримента

#### 7.3.1.1 Спознаја и дефинисање проблема

С обзиром на стање српске ливачке индустрије, наведено у тачки 2.2.1 и предмет ове дисертације, кроз спровођење овог експеримента, на примеру одливака отпорних на хабање, може се очекивати синергијски ефекат на унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства. Истраживање је спроведено за потребе Индустијског комбината „Гуча“ а.д. а у сврху оптимизације параметра ливења одливака отпорних на хабање (флотационих кугли). У Индустијском комбинату „Гуча“ а.д. по јединственом поступку ливења у Србији, израђују се флотационе кугле од нискохромног белог ливеног гвожђа (2,5%Cr). Тврди лив је легура чији је сав садржај угљеника везан у

цементит ( $Fe_3C$ ), или је већи део угљеника везан у цементит, а мањи део издвојен у облику графита. Ово се може постићи одговарајућим хемијским саставом лива и већом брзином хлађења. Хемијски састав тврдог лива креће се у границама 2,2 до 4% угљеника; 0,3 до 1,5% силицијума и 0,4 до 1,5% мангана. Садржај силицијума у тврдом ливу је мали. Већа брзина хлађења, која такође спречава распадање цементита, постиже се ливењем у металне калупе (кокиле) или у калупе с уграђеним телима за хлађење.[118] Бели тврди лив (бело ливено гвожђе) употребљава се за израду одливака који су изложени хабању, као што су делови дробилица, млинске кугле (флотационе кугле) млазнице за песак и друго.[119] Тврдоћа флотационих кугли кретала се у распону од 52-56 HRC. За оптималне вредности параметара ливења очекивана вредност тврдоће одливака требало би да има максималну вредност тврдоће HRC. Дакле, истраживачко питање гласи: “Које су то оптималне вредности параметара ливења за које би тврдоћа одливака, од нискохромног белог ливеног гвожђа за производ флотациону куглу, била максимална“?

### **7.3.1.2 Утврђивање циља истраживања**

Циљ истраживања је успостављање зависности између параметара ливења: температуре ливења нискохромног белог ливеног гвожђа, масе кугле у алату, времена држања лива у алату и тврдоће одливака, односно оптимизација процеса ливења. Оптимизацијом процеса ливења може се постићи синергијски ефекат на кључне индикаторе перформанси пословања у индустрији ливарства.

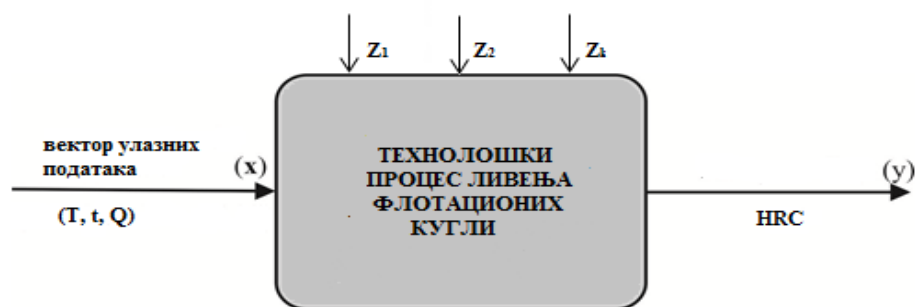
### **7.3.1.3 Постављање хипотезе**

Постављена хипотеза је у складу са циљем истраживања у оквиру овог експеримента и она гласи: оптимизацију процеса ливења могуће је остварити регресионом анализом примењеном на одливке отпорне на хабање.

### **7.3.1.4 Разрада модела**

Ливење флотационих кугли, од нискохромног белог ливеног гвожђа, представља изузетно сложен процес због великог броја утицајних фактора и њихове међусобне зависности, због чега је најефикаснији прилаз моделирању и оптимизацији овог проблема статистички

базиран на одређеном броју експеримената. У овом истраживању се користи потпуни вишефакторни план експеримента који се у последње време често користи у многобројним истраживањима. Овај метод се још назива метод површине реаговања или одзива.[120] Методолошка суштина је у избору модела у коме се улазни параметри процеса ливења флотационих кугли описују као функције од независно променљивих, односно улазних параметара. На слици 7.16 дат је општи приказ експеримента при истраживању процеса флотационих кугли где су  $(x_1, \dots, x_n)$  - улазне величине;  $y_1, \dots, y_n$  - излазна величина;  $z_1, \dots, z_n$  - поремећајне величине).



Слика. 7.16 Опис модела експеримента при истраживању процеса ливења флотационих кугли [95]

На бази овог модела и резултата првог циклуса формирају се нови модели у следећим циклусима, све до математичке идентификације на систему који се проучава, у конкретном случају процес ливења флотационих кугли. Оваква методологија, између осталог, омогућава:

- математичко моделирање појава, сложених процеса и система;
- проучавање природе појава и њихове међузависности;
- оптимизацију и оптимално управљање процесима. [121]

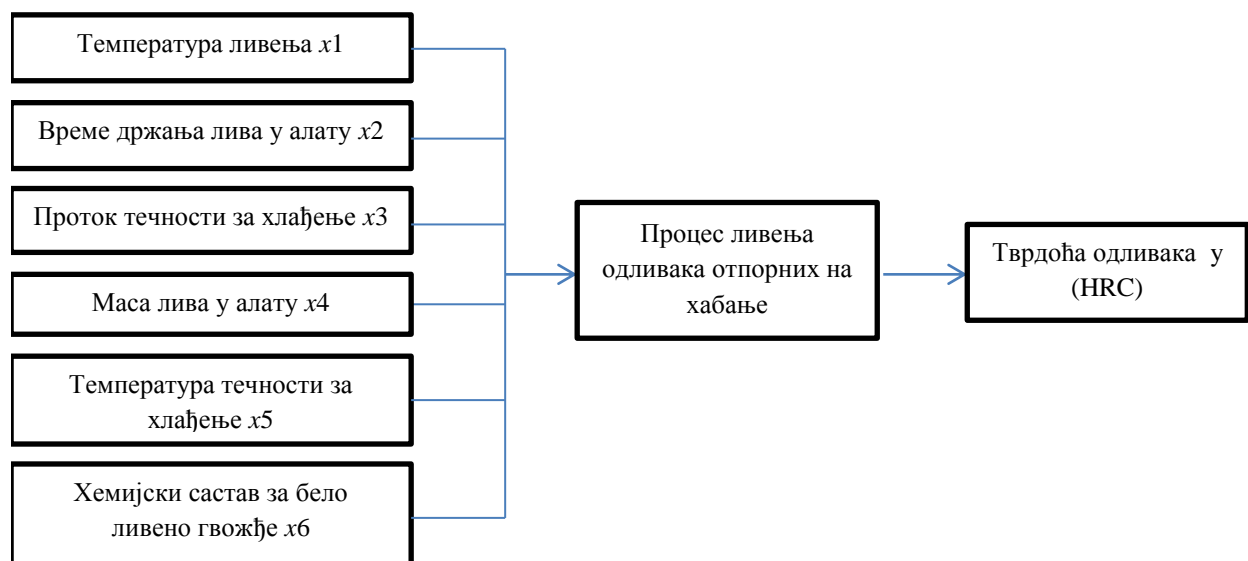
### 7.3.1.5 Избор и дефинсање факторских нивоа и план експеримента

Улазне (контролисане) величине су  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , док је излазна величина  $y$ . Досадашња сазнања, литература, искуство и поједина прелиминарна испитивања указују да на тврдоћу флотационе кугле највише утицаја имају:

- температура ливења  $T(^{\circ}C)$  - улаз  $x_1$
- време држања лива у алату  $t(s)$  - улаз  $x_2$
- проток течности за хлађење  $Q(L/min)$  - улаз  $x_3$

Излазни параметар (контролисана величина) који је праћен при извођењу експеримента је: тврдоћа одливка отпорног на хабање (флотационе кугле) мерена по Роквелу ( $HRC$ ). Остали улазни фактори одржавани су на константном нивоу.[121]

Табела 7.2 Фактори који утичу на тврдоћу одливака отпорних на хабање (флотационе кугле)



Вредност улазних параметара који утичу на тврдоћу одливака отпорних на хабање (флотационе кугле) и избор факторских нивоа усвојени су на основу досадашње праксе, литературе, искуства и појединачних прелиминарних испитивања.[121]

Табела 7.3 Факторски нивои[121]

Факторски нивои			
Нивои	Температура ливења	Време држања лива у алату	Проток воде за хлађење
	$T(^{\circ}C)$	$t(s)$	$Q(l/min)$
Горњи ниво	1310	210	35
Основни ниво	1280	180	30
Доњи ниво	1250	150	25

### 7.3.1.6 Матрица планирања

Матрица планирања извођења експеримента дата је у табели 7.4. Током извођења експеримента сви остали параметри од утицаја на тврдоћу флотационих кугли одржавани су константним: хемијски састав за нискохромно бело ливено гвожђе, температура воде за хлађење и маса кугли у алату (коришћен је алат за куглу  $\varnothing 60mm$  с 20 кугли).

Ако се уведу:

- ознаке:  $a, b, c, \dots$  са значењем да се у односној врсти налази на нивоу  $+1$  само један од фактора  $x_1, x_2, x_3, \dots$
- комбинације  $ab, bc, \dots$  са значењем да се у односној врсти налазе истовремено на нивоу  $+1$  два фактора  $x_1$ , и  $x_2$ ,  $x_2$  и  $x_3, \dots$
- комбинације  $abc, \dots$  са значењем да се у односној врсти налазе истовремено на нивоу  $+1$  сва три фактора  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_3, \dots$
- ознака  $(1)$  са значењем да се у односној врсти налазе истовремено на нивоу  $-1$  сви фактори:  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_3, \dots$  тада се целокупна матрица плана може изразити једноставним обликом:  $PM=(1), a, b, ab, c, ac, bc, abc$ .

Табела 7.4 Матрица извођења експеримента [122]

Редни број	Матрица плана				Просечна тврдоћа по пресеку флотационе кугле		израчунате вредности	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	HRC	$y_i = (\ln HRC)$	$\hat{y}_i$	
1.	+1	-1	-1	-1	54.66	4.0011	4.0083	0.00005184
2.	+1	+1	-1	-1	56.66	4.0371	4.0157	0.00045796
3.	+1	-1	+1	-1	55.33	4.0133	4.0055	0.00006084
4.	+1	+1	+1	-1	54.66	4.0011	4.0129	0.00013924
5.	+1	-1	-1	+1	53.83	3.9858	3.9903	0.00002025
6.	+1	+1	-1	+1	54.5	3.9982	3.9977	0.00000025
7.	+1	-1	+1	+1	54.66	4.0011	3.9875	0.00018496
8.	+1	+1	+1	+1	54.33	3.9951	3.9999	0.00000004
9.	+1	0	0	0	54,00	3.989	$y_0=3,9951$	$\Sigma = 0.00091538$
10.	+1	0	0	0	54,00	3.989		
11.	+1	0	0	0	55,00	4.0073		

## 7.4 Спровођење експеримента

### 7.4.1 Избор врсте експеримента

Ливење флотационих кугли, од нискохромног белог ливеног гвожђа, представља изузетно сложен процес због великог броја утицајних фактора и њихове међусобне зависности, због тога је најефикаснији прилаз моделирању и оптимизацији овог проблема статистички базиран на одређеном броју експеримената. У овом раду се користи потпуни вишефакторни план експеримента. [123] Наведено истраживање спроведено је применом опште теорије *Box-Wilsonovog* градијантног метода техноекономске оптимизације.

### 7.4.2 Израда пројекта експеримента

Узорци за наведено истраживање биле су флотационе кугле ливене од нискохромног белог ливеног гвожђа хемијског састава датог у табели 7.5. Састав шарже био је константан, табела 7.6. Метални уложак се састоји од отпадног угљеничног челика и нисколегираног челика, који се после претапања легира хромом, манганом и угљеником на тражени хемијски састав.

Табела.7.5 Хемијски састав за нискохромно бело ливено гвожђе

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	S, %	P, %	остали елементи, %
3,2 – 3,8	0,4 – 0,8	0,4 – 0,8	2,4 – 2,8	Max. 0,1	Max. 0,1	у границама

Табела 7.6 Састав шарже за кокилно ливење флотационих кугли по тони

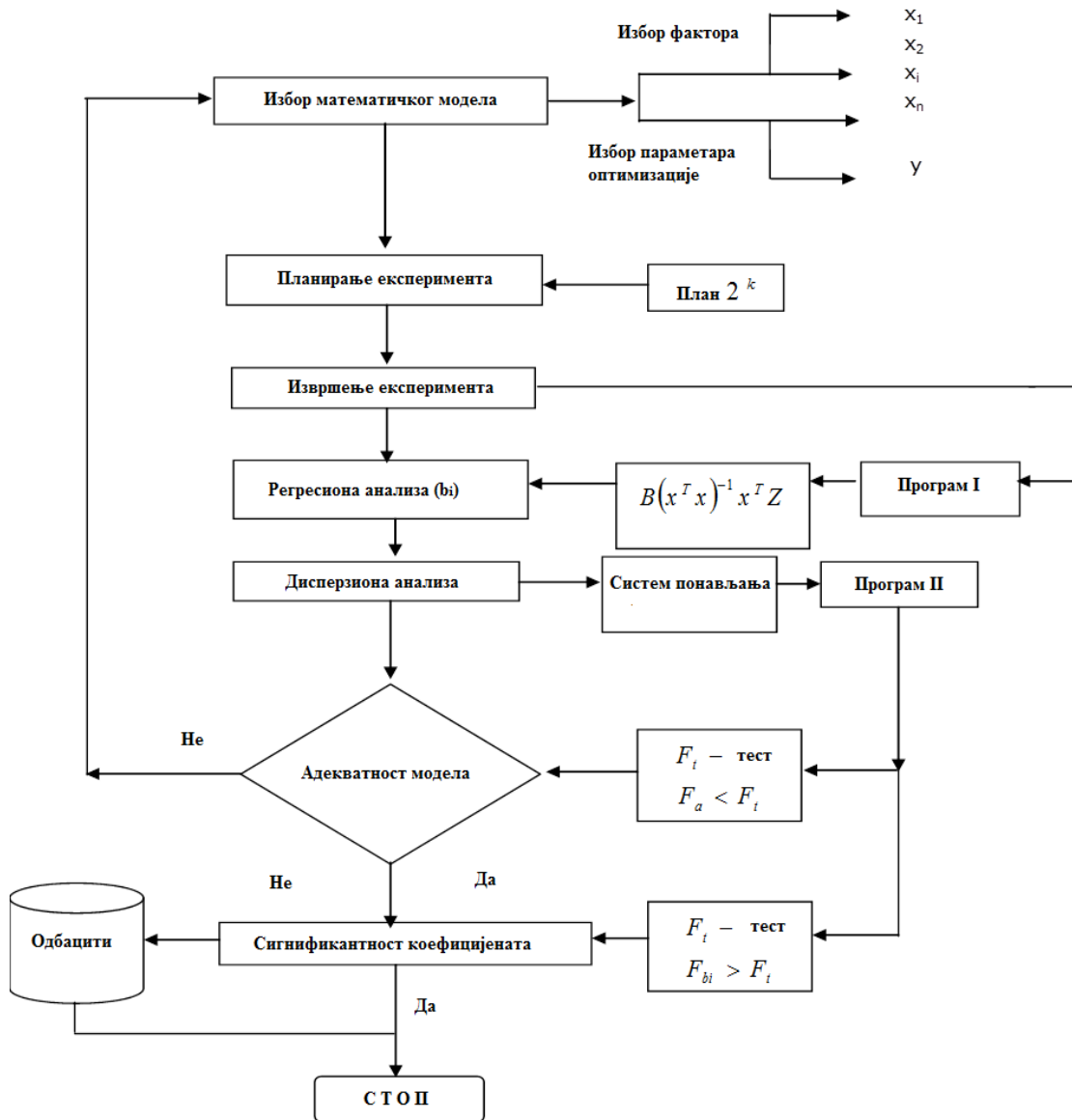
Састав шарже за кокилно ливење флотационих кугли по тони	
Отпадни угљенични челик	1000 kg
Феро-хром, FeCr	50 kg
Феро-манган, FeMn	20 kg
Карбурит, C	60 kg
PŽ – маса, сакупљач шљаке	3 kg
Кварцини песак, SiO <sub>2</sub>	1,5 kg
Сигел	0,075 kg

Као експериментални уређај коришћена је инсталисана опрема за ливење флотационих кугли у ливници Гуча. Контролну и мерну опрему чине: уређај за испитивање тврдоће по

роквелу „С“; оптички пирометар – уређај за мерење температуре лива; индустријски водомер за мерење протока течности за хлађење (воде) и временски релеји за мерење времена држања лива у алату.

## 7.5 Постављање експерименталног система

Експеримент почива на моделским испитивањима за које се примењује методологија дата на слици 7.17.



Слика 7.17 Методологија реализације експеримента [124,125,128]

### 7.5.1 Умеравање мерне и тестирање контролне опреме

Припрема узорака за мерење тврдоће (флотационе кугле  $\varnothing 60mm$ ) изведена је механичком обрадом. Испитивање тврдоће узорака, по *Rockwel „C“*, урађено је у Застава аутомобили а.д. ПЦ Централни лабораторијум, метролошка лабораторија Крагујевац.



Слика 7.18 Изглед апарата за мерење тврдоће

Испитивање тврдоће по Роквелу вршено је на собној температури, дијамантским конусом, чији је угао на врху од  $120^\circ$ , при оптерећењу од  $1470 N$ . На слици 7.19 приказан је поступак мерења температуре лива у моменту уливања помоћу оптичког пирометра.



Слика 7.19 мерење температуре лива оптичким пирометром[115,117]



Мерење протока течности за хлађење (воде) вршено је помоћу индустријског водомера. На слици 7.20 приказан је поступак мерења протока течности за хлађење лива у алату.



*Слика. 7.20 Мерење протока течности за хлађење помоћу индустријских водомера[115,117]*

Време држања лива у алату регулисано је помоћу временских релеја, који су приказани на слици 7.21.



*Слика 7.21 Изглед временских релеја*

## **7.5.2 Припрема узорака**

Узорци тј. метални уложци (флотационе кугле) припремељени су према дефинисаном хемијском саставу за нискохромно бело ливено гвожђе, према табели 7.6 и према саставу

шарже за кокилно ливење флотационих кугли, према табели 7.7. Узорковање металног улошка вршено је из осам различитих алата (колика) за ливење.

### 7.5.3 Спровођење експеримента

Експеримент је изведен у Индустијском комбинату “Гуча” а.д. у Гучи, у радној јединици Ливница, на линији за ливење флотационих кугли. Ливење флотационих кугли  $\varnothing 60\text{mm}$  вршено поступком кокилног ливења. Узорковање је вршено из исте шарже.



*Слика 7.22 Поступак ливења флотационих кугли у процесу извођења експеримента*

Услови под којим је изведен експеримент:

- датум: 14.10.2010. год.,
- хемијски састав: према табели 7.6;
- састав шарже: према табели 7.7;
- температура течности за хлађење: 24 °C;
- температура ваздуха: 25 °C;
- алат за ливење: кугла  $\varnothing 60\text{mm}$  с 24 кугле.

## 7.6 Обрада резултата експеримента

Резултати експеримента при прогнозирању оптимизације параметара ливења дати су у табели 7.7.

Табела 7.7 Преглед резултата мерења [113, 121]

Тачка плана	Радни параметри	HRC кугла Ø60mm
01	1250 °C; 150 s; 25 L/min	54,66
02	1310 °C; 150 s; 25 L/min	56,66
03	1250 °C; 210 s; 25 L/min	55,66
04	1310 °C; 210 s; 25 L/min	54,66
05	1250 °C; 150 s; 35 L/min	53,83
06	1310 °C; 150 s; 35 L/min	54,50
07	1250 °C; 210 s; 35 L/min	54,66
08	1310 °C; 210 s; 35 L/min	54,33

## 7.7 Тумачење резултата

Трофакторни процес испитиван је на основу потпуног ортогоналног плана  $2^k = 2^3$  с троструким понављањем експеримента у централној тачки вишефакторног ортогоналног плана ( $T = 1280^\circ\text{C}$ ,  $t = 180\text{s}$ ,  $Q = 30\text{l/min}$ ). [128] Тврдоћа флотационе кугле испитивана по Rockwell C (HRC) приказана је једначином (1): [127, 128, 129]

$$HRC = D \cdot 9^p t^q Q^r \quad (1)$$

Где је:  $T(^{\circ}\text{C})$  – температура ливења,  $Q(\text{l/min})$  – проток течности за хлађење и  $t(\text{s})$  – време држања лива у алату. Линеаризацијом (логаритмовањем) једначине (1) добија се једначина првог реда (2).

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 \quad (2)$$

Где је:  $\hat{y} = \ln HRC$ ;  $b_0 = \ln D$ ;  $x_1 = \ln T$ ;  $x_2 = \ln t$ ;  $x_3 = \ln Q$ ;  $b_1 = p$ ;  $b_2 = q$ ;  $b_3 = r$ .

Кодирањем независних варијабли  $x_1, x_2, x_3$  на три нивоа (+1, 0, -1) изведено је преко једначине трансформације (3),  $b_i (i = 0, 1, 2, 3)$

$$x_i = 1 + 2 \frac{\ln x_i - \ln x_{i\max}}{\ln x_{i\max} - \ln x_{i\min}}, i = 1, 2, 3. \quad (3)$$

Вредности коефицијената регресије  $b_i$  се добијају на основу једначине (4).

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N x_{iu} y_u, \quad i = 0; \quad N = 2^k + n_0; \quad i = 1, 2, 3; \quad N = 2^k \quad (4)$$

Имајући у виду резултате дате у табели 7.8 као и једначине (4) вредности коефицијената регресије су  $b_0 = 4.0016$ ;  $b_1 = 0.0037$ ;  $b_2 = -0.0014$ ;  $b_3 = -0.009$ , тако да је регресиони модел (2) представљен у кодираним координатама и има облик приказан једначином (5).

$$\hat{y} = 4.0016 + 0.0037x_1 - 0.0014x_2 - 0.009x_3 \quad (5)$$

Након дефинисања модела (5) према датим технолошким условима, транспоновањем у координате приказно је једначинама (8) и (9) и системом трансформације једначина (6) и (7).

$$\ln D = \sum_{i=0}^3 b_i - 2 \left[ \frac{b_1 \ln T_{\max}}{\ln \frac{T_{\max}}{T_{\min}}} + \frac{b_2 \ln t_{\max}}{\ln \frac{t_{\max}}{t_{\min}}} + \frac{b_3 \ln Q_{\max}}{\ln \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}} \right] \quad (6)$$

$$p = \frac{2b_1}{\ln \frac{T_{\max}}{T_{\min}}}; \quad q = \frac{2b_2}{\ln \frac{t_{\max}}{t_{\min}}}; \quad r = \frac{2b_3}{\ln \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}}}; \quad (7)$$

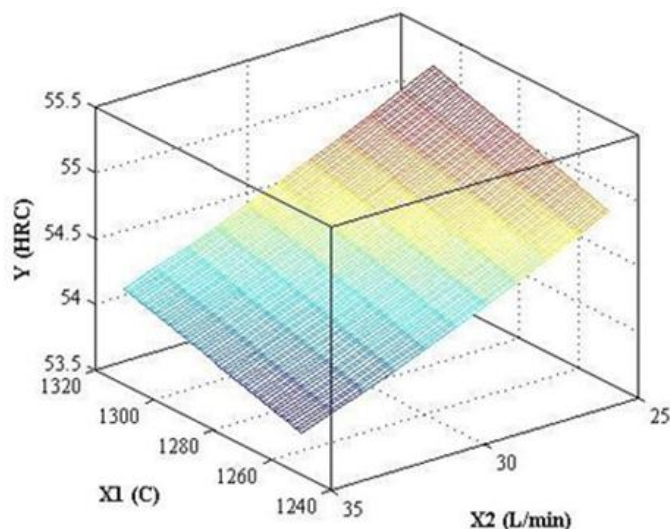
$$\ln HRC = \ln D + p \ln \mathcal{G} + q \ln t + r \ln Q \quad (8)$$

односно,

$$HRC = 21.254 \cdot T^{0.161} t^{-0.0086} Q^{-0.0538} \quad (9)$$

Вредности тврдоће флотационих кугли добијају се применом једначине (9) а резултати су приказани у табели 7.7:  $HRC_1 = 53.97$ ,  $HRC_2 = 54.37$ ,  $HRC_3 = 53.807$ ,  $HRC_4 = 54.23$ ,  $HRC_5 = 56.057$ ,  $HRC_6 = 56.428$ ,  $HRC_7 = 55.89$ ,  $HRC_8 = 56.32$ ,  $HRC_9 = 56.51$ .

На слици 7.23 дат је шематски приказ зависности између улазних параметара ливења: температуре ливења нискохромног белог ливеног гвожђа ( $T$ ), времена држања лива у алату ( $t$ ), протока течности за хлађење ( $Q$ ) и тврдоће одливка ( $HRC$ ) помоћу *MATLAB software* програмског пакета [130].



Слика 7.23 зависност улазних параметара ливења и тврдоће при константном времену држања лива у алату [113]

## 7.8 Дисперзија експерименталних резултата

У зависности од структуре експерименталног плана, услова и организације експерименталног плана, могућности коришћења претходних експерименталних резултата, приликом одређивања дисперзије резултата експеримента или грешке експеримента, треба имати у виду да у свакој тачки плана (у укупном износу од  $N$ ) један експеримент (мерење) је спроведено, изузев у једној (централној) тачки плана у којој се експеримент понавља  $n_0$  где је ( $n_0 = 3$ ). Дисперзија експерименталних резултата (експериментална грешка) израчунава се према једначини (10).

$$s^2(y) = s_E^2 = \frac{S_E}{f_E} = \frac{1}{n_0 - 1} \sum_{i=1}^{n_0} (y_{0i} - \bar{y}_0)^2 \quad (10)$$

Где је:

$$\bar{y}_0 = \frac{1}{n_0} \sum_{i=1}^{n_0} y_{0i} \quad (11)$$

$S_E$  – сума квадрата грешке у централној тачци плана:

$$S_E = \sum_{i=1}^{n_0} (y_{0i} - \bar{y}_0)^2 \quad (12)$$

$f_E$  – степен слободе грешке експеримента:

$$f_E = n_0 - 1 \quad (13)$$

У експерименталном примеру то је:

$$\bar{y}_0 = 3.9951; S_E = 0.00022326; s^2(y) = s_E^2 = 0.00011163; f_E = 3 - 1 = 2;$$

## 7.9 Провера адекватности модела

Провера адекватности математичког модела (5), односно (9) представља важан корак у анализи дисперзије математичког моделирања процеса. Генерално, контрола адекватности наведеног модела укључује компарацију експерименталних резултата у односу на линију регресије  $s_R^2$  и дисперзију експерименталних резултата на местима мултифакторских подручја  $s_E^2$  преко Фишеровог критеријума (14), [121].

$$F_r = \frac{s_R^2}{s_E^2} \quad (14)$$

Где је:

$s_R^2$  - дисперзија средњих вредности експерименталних резултата у односу на линију регресије која је дата једначином (15):

$$s_R^2 = \frac{S_R}{f_R} \quad (15)$$

$S_R$  - резидуална сума дата је једначином (16):

$$S_R = \sum_{i=1}^{N=8} (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (16)$$

$f_R$  - степен слободе резидуалне силе (17):

$$f_R = N - k - 1 \quad (17)$$

У експерименталном примеру то је:

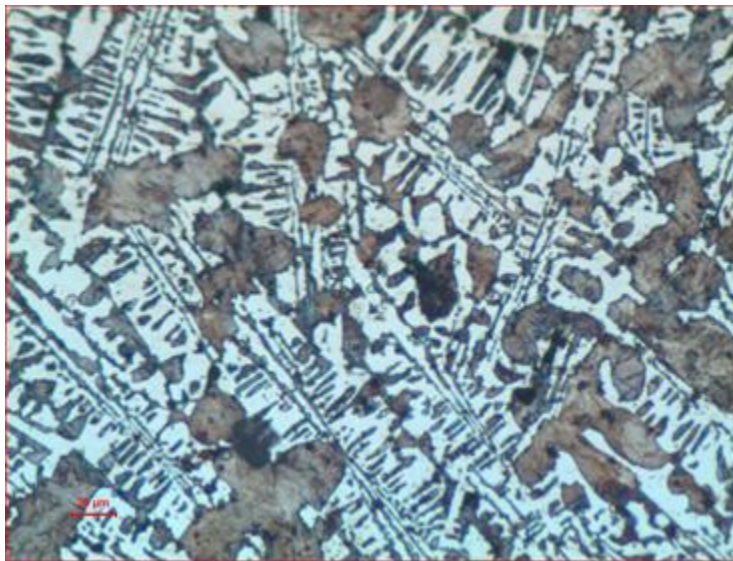
$$S_R = 0.00093906; f_R = 13 - 3 - 1 = 7; s_R^2 = 0.0001328; F_r = 1.172;$$

У складу с [122] за  $k_1 = f_R = 7$ ,  $k_2 = f_E = 2$  и вероватноћу  $\alpha = 95\%$ , дозвољена вредност дисперзије је  $F_t = 19.35$ . Израчуната вредност за  $F_r = 1.172 < F_t = 19.35$ , тако да математички модел дат једначином (5), односно у природним кординатама једначином (9), описује адекватно технолошки процес.

## 7.10 Провера микроструктуре

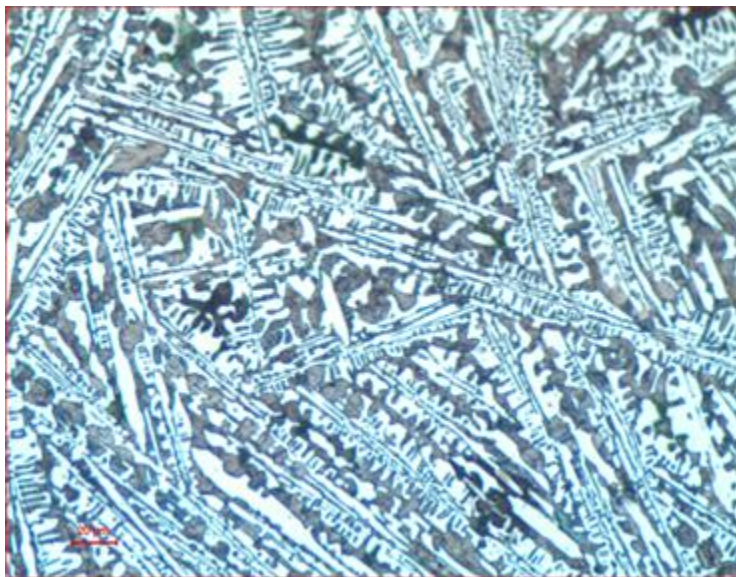
Металографска анализа је вршена на попречном пресеку кугле (скинута калота на 5-10 mm од површине кугле) након уобичајене припреме узорка (брушење, полирање, нагризање). Снимци микроструктуре су прављени по пречнику попречног пресека близу површине на 2,5 и 10 mm од површине као и у центру кугле. Снимање микроструктуре извршено је оптичким микроскопом *POLYVAR – MET REICHERT* с увећавајућим фактором од 16÷2000. Микроскоп је опремљен с анализатором фотографије *Q500MC*.

На основу извршене металографске анализе флотационих кугли  $\varnothing 60mm$ , кугла урађена по новој технологији има структуру која треба да обезбеди боље експлоатационе особине. У оквиру ове класе материјала (низак % Cr) могло би се и још већом брзином хлађења утицати на уситњавање структуре а тиме и на повећање тврдоће.



Слика 7.24 Микроструктура флотационе кугле направљене према ранијој технолгији (x200)[113]

На слици 7.24 дата је микроструктура у центру кугле с увећањем  $200\times$  ливене претходном технологијом (температура ливења  $T=1300^{\circ}\text{C}$ , време држања у алату  $t=180\text{s}$ , проток расхладне течности је слободан). Просечна тврдоћа по пресеку кугле је  $53\text{HRC}$ . Прегледом слике микроструктуре установљено је присуство перлита (настао трансформацијом примарно издвојеног аустенита дендритне морфологије) и карбида типа  $(\text{FeCr})_3\text{C}$ . Структура је груба и неуједначена по пресеку.



Слика 7.25 Микроструктура флотационе кугле направљена према новој технологији ( $x200$ )[113]

На слици 7.25 дата је микроструктура у центру кугле с увећањем  $200\times$  и ливене према условима експеримента. Просечна тврдоћа по пресеку кугле је  $57\text{HRC}$ . Микроструктура ове кугле такође је перлитно-карбидна, доста уједначена по пресеку и ситнозрна. С обзиром на игличасту и различито оријентисану морфологију излучених фаза постигнуте су веће вредности тврдоће у односу на претходни узорак што обезбеђује и бољу ударну жилавост.

Доказ: Хипотеза 3. Оптимизацију процеса ливења могуће је остварити регресионом анализом примењеном на одливке отпорне на хабање.

Хипотеза је потврђена анализом добијених резултата у ливници Гуча и РТБ Бору где је тестиран развијени алгоритам помоћу одговарајућих рачунарских програма.



## VIII РЕЗУЛТАТИ ИСПИТИВАЊА

Како би се добили оквирни резултати о кључним индикаторима перформанси пословања ливница и показало како функционише систем мерења перформанси, спроведено је „пилот“ истраживање у ливници Гуча. Извршено је поређење кључних индикатора перформанси ливнице Гуча с кључним индикаторима ливница у ЕУ, Русији и свету.

Након „пилот“ истраживања, по истој методологији спроведено је истраживање о нивоу кључних индикатора перформанси пословања на нивоу српских ливница и извршено је њихово поређење с кључним индикаторима ливница у ЕУ, Русији и свету.

Резултати истраживања приказани су у табели 5.46 и на сликама 5.2 ÷ 5.8. Сви кључни индикатори перформанси пословања у српским ливницама су на нижем нивоу у односу на европске и руске ливнице.

Како би се утицало на унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства, на примеру ливнице Гуча, спроведена су експериментална истраживања применом *SVM* метода. У другом експерименту тежило се успостављању зависности између параметара ливења: температуре ливења нискохромног белог ливеног гвожђа, масе кугле у алату, времена држања лива у алату и тврдоће одливака, односно оптимизацији процеса ливења.

*SVM* модел за предикцију нивоа хабања флотационих кугли и дефинисање оптималне количине хрома у легури за ливење кугли развијен је применом функције регресије *SVR*. Применом развијеног модела на примеру легура за ливење, које одговарају реалним производним условима уочено је да:

- примаран утицај на ниво хабања флотационих кугли (слика 7.12) има тврдоћа (већа тврдоћа даје већу отпорност на хабање – нижи ниво хабања) и да се при мањим вредностима тврдоће отпорност на хабање може побољшати повећаним садржајем

мангана у легури. У овом случају треба имати у виду да је ударна жилавост важна карактеристика флотационих кугли и да су најбољи показатељи за ударну жилавост флотационих кугли при вредностима тврдоће (57-58) *HRC* (превисока тврдоћа слаби ударну жилавост);

- код флотационих кугли тврдоће 58 *HRC* (слика 7.14) најбољу отпорност на хабање дају легуре са садржајем хрома  $Cr = (2,5-2,65\%)$  и мангана  $Mn = (0,5-0,65\%)$ .

Резултати наведених примера и резултати добијени у процесу тестирања развијеног *SVM* модела показују да се исти може успешно применити за предикцију нивоа хабања флотационих кугли у процесу млевења руде бакра. Такође, успешно се може користити за дефинисање оптималне количине хрома у легури течног метала за ливење флотационих кугли.

У случају примене развијеног модела *SVM* на управљање производним процесом, ради подизања прецизности резултата предикције потребно је:

- побољшати перформансе експерименталног млина за одређивање нивоа хабања флотационих кугли (повећати радну запремину млина и прилагодити кинематске карактеристике) како би се постигао већи степен похабаности кугли у току експеримента и како би експеримент краће трајао и
- размотрити избор адекватније *kernel* функције, као и свих релевантних параметара *SVM* модела (параметри  $C$  и  $p$ , параметар  $\varepsilon$ , и друго).

Други експеримент је показао да се у технолошком процесу припреме руде бакра (флотација) могу користити две врсте ливених флотационих кугли:

- а) високохромне кугле (10-12)%*Cr* ливене у пешчаним калупима, а након тога одговарајућом термичком обрадом доведене на потребне механичке карактеристике и
- б) нискохромне кугле (2,2-2,8)%*Cr* ливене у металним калупима принудно хлађене водом ради обезбеђења потребне рекристализације.

Друга технологија, с обзиром на хемијски састав и непостојање накнадне термичке обраде је доста економичнија, али само уз одговарајуће технолошке параметаре (температура ливења, време хлађења у алату, проток расхладног флуида) обезбеђује потребан квалитет кугли. У производним условима при серијској производњи кугли (30t/дан) велики проблем представља обезбеђење константне вредности температуре лива, с релативно малим одступањима ( $1300 \pm 10$ ) °C а у технолошком процесу топљења иста варира у интервалу (1250-1310) °C. Уз друге технолошке параметре одређених вредности ( време хлађења у металним калупима, проток расхладне течности кроз комору алата) могу се добити кугле добрих механичких карактеристика. Претходно описаним експериментом добијена је функционална зависност тврдоће кугли Роквел-С (HRC) од температуре лива  $T(^{\circ}\text{C})$ , протока воде кроз комору алата  $Q(\text{l}/\text{min})$  и времена хлађења у алату  $t(\text{s})$ , описана је једначином (9) за флотационе кугле  $\varnothing 60\text{mm}$  (хемијски састав:  $\text{C}\%=3,4-3,7$ ;  $\text{Si}\%=0,6-0,8$ ;  $\text{Cr}\%=2,3-2,6$ ;  $P_{\text{max}}\%, S_{\text{max}}\%=0,1$ ). Верификација квалитета кугли извршена је металографском анализом површине пресека кугле по пречнику и мерењем одговарајуће тврдоће на истој површини за узорак кугле ливене претходном технологијом и за узорак кугле ливене у условима експеримента.

С обзиром на приказану металографску анализу, функционалном зависношћу (9) датом у коначном облику може се успешно утицати на тврдоћу кугле као основног индикатора квалитета под условима производног процеса ливења кугли од нискохромног белог ливеног гвожђа. На основу приказаних резултата истраживања, идеја о управљању процесом ливења флотационих кугли састоји се у следећем: на основу тренутно измерене температуре ливења у фабрици и изабраног ограничења (углавном ограничење је проток расхладног флуида кроз алате), на основу зависности (9), време држања лива у алату се дефинише у циљу добијања потребне тврдоће, а заједно с њом одговарајућа микроструктура по пресеку што директно утиче на ударну жилавост неопходну за млевење руде бакра.

Циљ истраживања у другом експерименту био је успостављање зависности између параметара ливења: температуре ливења нискохромног белог ливеног гвожђа, масе кугле

у алату, времена држања лива у алату и тврдоће одливака, односно оптимизација процеса ливења.

Оптимизацијом процеса ливења постигнут је синергијски ефекат на кључне индикаторе перформанси пословања у индустрији ливарства.

Након спроведених експерименталних унапређења технолошког процеса извршено је, у току 2012.године, мерење кључних индикатора перформанси пословања за ливницу Гуча.

### A1. Процесни принос са подиндикаторима у ливници Гуча после унапређења:

Табела 8.1 Процесни принос у ливници Гуча

Подиндикатори	2012.год.		
	Материјал (t)	Изгубљено у фази	Наспрам улаза
Материјал унет у пећ	24500,0	100%	100%
Губитци при топљењу	2205,0	9,0%	
Течни метал	22295,0	91,0%	91,0%
Чишћење и просипање	222,9	1,0%	
Метал у калупима	22072,0	100%	90,0%
Хранитељи и уливни системи	4414,4	20,0%	
Бруто одливци	17567,6	79,93%	72,1%
Отпатци и шкарт	579,7	3,3%	
Отпремљени одливци	16987,3	96,1%	69,3%
Враћени одливци од купаца	34,0	0,2%	
Нето добри одливци	16953,0	99,8%	69,1%

### A2. Ефикасност производње (OEE) у ливници Гуча после унапређења:

Табела 8.2 Ефикасност производње (OEE) у ливници Гуча

OEE	2012.год. наспрам улаза	
Подиндикатори		
Планирано време производње	100%	100%
Време отказа	7,6%	
Остварено време производње	92,4%	92,4%
Спори проток	9,2	
Релативно време производње	90,8	83,7%
Лоши калупи	14,7%	
Добри калупи	85,3%	71,4%
Отпадни одливци – шкарт	3,3%	
Време за које се одливак припреми за продају	96,7%	69,0%

### A3. Ефикасност опреме (TEEP) у ливници Гуча после унапређења:

Табела 8.3 Укупна ефикасност перформанси опреме (TEEP) у ливници Гуча

	2012.год. наспрам улаза
TEEP (Укупна ефикасност перформанси опреме)	Подаци из упитника
OEE	69,0%
Часова годишње	6280
Капацитет годишње	6800
Тренутни производни капацитет	92,3%
TEEP	71,6%

#### A4. Потрошња енергије у ливници Гуча после унапређења:

Табела 8.4 Потрошња енергије у ливници Гуча

		2012.год.
Потрошња енергије		Подаци из упитника
Материјал унет у пећ	<i>t</i>	24500,0
Потрошња енергије на топлењу	<i>kWh</i>	26850954
Потрошња енергије по тони истопљеног лива	<i>kWh/t</i>	1095,9
Нето добри одливци	<i>t</i>	16953,0
Укупна потрошња енергије	<i>kWh</i>	20489395,8
Потрошња енергије по тони одливака	<i>kWh/t</i>	1208,6

#### A5. Потрошња песка у ливници Гуча после унапређења:

Табела 8.5 Потрошња песка у ливници Гуча

		2012.год.
Потрошња песка		Подаци из упитника
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	16953,0
Нови песок	<i>t</i>	5000
Песак за језгра	%	5
	<i>t</i>	250
Укупно песка за језгра	<i>t</i>	250
Укупно песка за ливење и језгра	<i>t</i>	5.000
Нови песок/тони	<i>t/t</i>	0,29
Регенерисан песок		
Песак за језгра који се додаје у систем	<i>t</i>	250
Нови песок додат у систем	<i>t</i>	4750
	<i>t</i>	
	<i>t</i>	140.500
	<i>t</i>	
	<i>t</i>	140500
Регенерисан песок	%	93,8

#### A6. Потрошња свеже воде у ливници Гуча после унапређења:

Табела 8.6 Потрошња свеже воде у ливници Гуча

		2012.год.
Потрошња воде		Подаци из упитника
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	16953,0
Потрошња воде	<i>m<sup>3</sup></i>	24974
Потрошња воде /одливци	<i>m<sup>3</sup>/t</i>	1,47

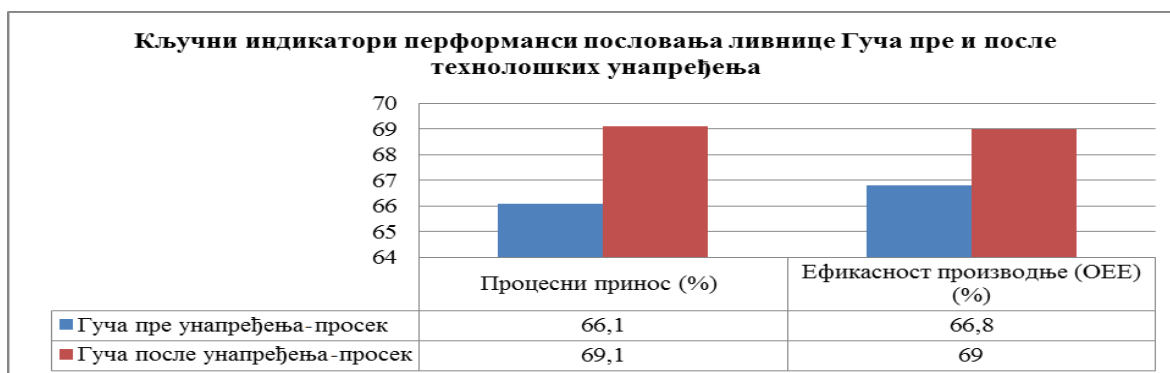
#### A7. Радна продуктивност у ливници Гуча после унапређења:

Табела 8.7 Радна продуктивност у ливници Гуча

		2012.год.
Радна продуктивност		Подаци из упитника
Укупно добрих одливака	<i>t</i>	16953,0
Број директних часова	<i>h</i>	847872
Радна продуктивност (радника на час/тона добрих одливака)	<i>радника на h / t</i>	50,0
Број директних радника		234
Број менаџера		15
Однос особља	<i>однос</i>	15,5

Табела 8.8 Упоредна анализа кључних индикатора перформанси пословања руске и европске индустрије ливарства с ливницом Гуча пре и након унапређења

Кључни индикатори перформанси пословања ливница	Европа		Русија		Гуча пре унапређења	Гуча после унапређења
	максимум	просек	максимум	просек	просек	просек
Процесни принос (%) (4 подиндикатора)	64,1	59,5	66,2	52,3	66,1	69,1
Губитак при топљењу (%)	1,9	3,2	2,6	4,5	9,1	9,0
Чишћење и просипање (%)	2,4	3,0	1,7	3,3	3,01	1,0
Хранитељи и уливни системи (%)	31,5	34,5	29,3	39,3	20,07	20,0
Отплатци и шкарт (%)	2,1	3,4	2,2	6,7	5,0	3,3
Ефикасност производње (OEE) (%) (4 подиндикатора)	81,1	77,3	86,9	48,8	66,8	69,0
Време отказа (%) (нето перативно време)	11,9	14,2	4,6	22,7	5,2	7,6
Спори проток	5,1	5,7	6,5	30,3	9,1	9,2
Лоши калупи	0,8	1,1	0,5	3,8	18,6	14,7
Искоришћеност опреме TEEP (%)	63,9	53,5	43,6	25,2	69,1	71,6
Потрошња енергије (kWh/по производу)						
За топљење (kWh/ тона истопљеног лива)	544	560	779	1164	876,8	1095,9
За ливење (kWh/тона изливеног лива)	1247	1453	3155	4506	928	1208,6
Потрошња песка (по тони доброг одливка)						
Потрошња новог песка (по тони доброг одливка)	0,312	0,349	0,583	1,252	0,3	0,29
Стопа регенерације песка (%)	95,5	94,0	95,6	89,2	93,8	93,8
Потрошња свеже воде (m <sup>3</sup> / тона доброг одливка)	0,76	0,90	17,10	144,89	3,18	1,47
Радна продуктивност (радника на час/тона добрих одливака)	15,1	21,0	26,7	75,2	41,6	50,0



Слика 8.1 Кључни индикатори перформанси пословања, процесни принос (%) и ефикасност производње OEE (%) ливнице Гуча пре и после технолошких унапређења

Са слике 8.1 уочава се да су кључни индикатори перформанси пословања, процесни принос (%) и ефикасност производње *OEE* (%) ливнице Гуча унапређени и то процесни принос за 3% а ефикасност производње за 2,1%. Како ова два индикатора зависе од технологије и процеса, технолошка унапређења приказана у поглављу седам дала су синергијски ефекат на исте.

Индикатори потрошња енергије (*kWh*/по производу), потрошња новог песка (по тони доброг одливка), потрошња свеже воде ( $m^3$ / по тони доброг одливка) зависе од појединачног финалног производа и технологије која се примењује у ливници па стога технолошка унапређења процеса нису утицала на ове индикаторе.

Преостали индикатори, искоришћеност опреме *TEEP* (%) и радна продуктивност (радника на час/тона добрих одливака) делом зависе од опреме а делом од устаљене праксе за обављање радних активности. Из табеле 8.8 може се закључити да је после технолошких унапређења процеса дошло до повећања искоришћења опреме за 2,5%.

Да би се утврдила ефективност пословних процеса у ливницама примењен је *BSC* концепт. Коришћењем модификованог софтвера *BSC DESIGNER* извршено је мерење перформанси базирано на четири перспективе у шест српских ливница. Најбољи резултат, према слици 6.30 има ливница Гуча чији *BSC* износи 75,38%, затим следе ливнице Пожега са 74,93%, Зрењанин са 72,38% и Кикинда са 71,42% док нешто нижи резултат имају ливница Ниш са 69,62% и ливница Топола са 69,58%.

Испитан је утицај организационог учења у српским ливницама, преко интерних процеса на финансијске перспективе ливница. Утврђена је линеарна зависност између нивоа знања и финансијске перспективе изражене преко стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит, у ливници Гуча за посматрани период 2005.-2013. година, методом вишеструке линеарне регресије.

## IX ЗАКЉУЧЦИ

У последњем поглављу изложена су закључна разматрања и запажања о проблему унапређења кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства. Извршена је дискусија постављених хипотеза и добијених резултата на основу анализа истраживања базираних на примени предложене методологије, модела и софтверских решења.

Истакнут је допринос дисертације уз осврт на ограничења модела и предложени су правци даљих истраживања у овој области. На почетку истраживања проблема дефинисане су полазне хипотезе које су током истраживања анализирани и доказане. У даљем тексту је анализирана свака хипотеза појединачно.

Хипотеза 1.

Кључни индикатори перформанси пословања у српским ливницама су на нижем нивоу у односу на европске и руске ливнице. Резултати истраживања приказани су у табели 5.46 и на сликама 5.2-5.8. Сви кључни индикатори перформанси пословања у српским ливницама су на нижем нивоу у односу на европске и руске ливнице. Хипотеза је проверена и доказана детаљном анализом релевантне литературе која је настала пре и након пријаве дисертације, као и анализом испитиваног узорка на шест највећих српских ливница.

Хипотеза 1 представља основу даљег истраживања у дисертацији.

Хипотеза 2 - *SVM* модел се може успешно користити при унапређењу технолошких процеса у ливницама.

Ова хипотеза проистиче директно из претходне хипотезе.



У поглављу које се бави приступом унапређења технолошког процеса (*DoE*) – ефекти, поред теоријских основа *kernel* технике, теорије линеарне регресије и уводних напомена о технолошком процесу мљења руде бакра, утврђен је план спровођења експерименталних истраживања у циљу доказивања друге хипотезе. Дизајниран је експеримент и идентификоване су варијабле.

Детаљно је описано извођење експеримента ради одређивања нивоа хабања одливака (флотационе кугле). Представљен је развијени *SVM* модел. Спроведене су тест и тренинг фазе, након тога описана је примена развијеног *SVM* модела у процесу легирања. У осмом поглављу приказани су резултати испитивања. Хипотеза је потврђена анализом добијених резултата у ливници Гуча и РТБ Бору где је тестиран развијени алгоритам помоћу одговарајућих рачунарских програма.

Хипотеза 3: Оптимизацију процеса ливења могуће је остварити регресионом анализом примењеном на одливке отпорне на хабање.

Такође, у оквиру седмог поглавља приказан је план и програм спровођења експерименталних истраживања у циљу доказивања треће хипотезе. Постављен је циљ истраживања - успостављање зависности између параметара ливења, односно оптимизација процеса ливења. За постављену хипотезу разрађен је модел, избарани су и дефинисани факторски нивои и утврђен је план експеримента. Направљена је матрица планирања експеримента. За спровођења експеримента изабран је потпуни вишефакторни план експеримента који се још назива и метод површине реаговања или одзива. Урађен је пројекат експеримента и постављен је експериментални систем. Дефинисани су услови извођења експеримента, одабрана је умерена и тестирана контролна опрема и приступило се извођењу експеримента. Након спровођења експеримента извршена је обрада резултата и изведен је закључак. Резултати испитивања приказани су у осмом поглављу.

Хипотеза је потврђена анализом добијених резултата у ливници Гуча и РТБ Бору где је тестиран развијени алгоритам помоћу одговарајућих рачунарских програма.

Хипотеза 4: Применом *BSC* метода исказује се ефективност пословних процеса у ливницама, а на бази тога ниво организационог учења.

У шестом поглављу размотрен је *BSC* концепт при мерењу перформанси и имплементацији стратегије у ливницама. Коришћењем софтвера *BSC DESIGNER*, а на основу упитника, након спровођења „пилот“ истраживања у ливници Гуча, разрађен је концептуални приказ и практични део решења у индустрији ливарства који приказује процес мерења балансираних мерила перформанси и утврђивање перспектива српских ливница, применом софтверског решења као једног од могућих приступа овом проблему. Након утврђивања мерила перформанси за све четири перспективе (финансијске перспективе, перспективе односа с купцима, перспективе интерних процеса и перспективе учења и раста) разматран је и анализиран утицај сваке перспективе на пословање ливнице с освртом на конкретне примере из праксе.

Сама провера је урађена применом модификованог софтвера *BSC DESIGNER* и приказан је степен остварења пословних циљева у шест српских ливница (слике 6.24 ÷ 6.30). Добијени резултати за све ливнице су дискутовани.

Након утврђивања степена остварених циљева испитан је утицај организационог учења у српским ливницама, преко интерних процеса на финансијске перспективе ливница. Утврђено је да постоји линеарна зависности између нивоа знања и финансијске перспективе изражене преко стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит, у ливници Гуча за посматрани период 2005.-2013.година, методом вишеструке линеарне регресије.

Хипотеза је потврђена анализом добијених резултата у шест српских ливница.

Допринос ове дисертације се може посматрати из научне перспективе и перспективе пословне праксе у индустрији ливарства. У научном смислу, допринос дисертације се може представити на следећи начин:

- извршено је снимање стања у индустрији ливарства у Србији и извршено је упоређивање (бенчмаркинг) перформанси српских ливница с перформансама европских, руских и светских ливница;
- дефинисан је *BSC* модел за ливнице;
- на бази модела реализовано је и примењено у реалном окружењу софтверско решење применом модификованог софтвера *BSC DESIGNER* и на бази њега приказан степен остварења пословних циљева у српским ливницама;
- потврђено је да су кључни индикатори перформанси пословања у српским ливницама на нижем нивоу у односу на европске и руске ливнице;
- потврђено је да се *SVM* модел може успешно користити при унапређењу технолошких процеса у ливницама;
- потврђено је да се оптимизација процеса ливења може остварити регресионом анализом примењеном на одливке отпорне на хабање;
- потврђено је да се применом *BSC* метода исказује ефективност пословних процеса у ливницама а на бази тога ниво организационог учења.

Закључци произашли као резултат ове дисертације могу да послуже привреди и ливачкој индустрији, како у земљи тако и у свету за правилно и благовремено прилагођавање новим условима пословања, новим трендовима и новим технологијама.

Практични допринос дисертацији се односе на:

- израду софтверског решења применом модификованог софтвера *BSC DESIGNER* и његову примену у српским ливницама;
- унапређење технолошког процеса у ливници Гуча применом *SVM* метода на примеру одливака отпорних на хабање. Применом развијеног модела на примеру легура за ливење, које одговарају реалним производним условима уочено је да: а) примаран утицај на ниво хабања флотационих кугли има тврдоћа (већа тврдоћа даје већу отпорност на хабање – нижи ниво хабања) и да се при мањим вредностима тврдоће отпорност на хабање може побољшати повећаним садржајем

мангана у легури. У овом случају треба имати у виду да је ударна жилавост важна карактеристика флотационих кугли и да су најбољи показатељи за ударну жилавост флотационих кугли при вредностима тврдоће (57-58) *HRC* (превисока тврдоћа слаби ударну жилавост); б) код флотационих кугли тврдоће 58 *HRC* најбољу отпорност на хабање дају легуре са садржајем хрома  $Cr = (2.5-2.65\%)$  и мангана  $Mn = (0.5-0.65\%)$ . в) Резултати наведених примера и резултати добијени у процесу тестирања развијеног *SVM* модела показују да се исти може успешно применити за предикцију нивоа хабања флотационих кугли у процесу млевења руде бакра. Такође, успешно се може користити за дефинисање оптималне количине хрома у легури течног метала за ливење флотационих кугли.

- оптимизацију процеса ливења применом регресионе анализе на примеру одливака отпорних на хабање у ливници Гуча. Експеримент је показао да се у технолошком процесу припреме руде бакра (флотација) могу користити две врсте ливених флотационих кугли: а) високохромне кугле (10-12)%*Cr* ливене у пешчаним калупима, а након тога одговарајућом термичком обрадом доведене на потребне механичке карактеристике, и б) нискохромне кугле (2.2-2.8)%*Cr* ливене у металним калупима принудно хлађене водом ради обезбеђења потребне рекристализације. Друга технологија, с обзиром на хемијски састав и непостојање накнадне термичке обраде је доста економичнија, али само уз одговарајуће технолошке параметаре (температура ливења, време хлађења у алату, проток расхладног флуида) обезбеђује потребан квалитет кугли. Верификација квалитета кугли извршена је металографском анализом површине пресека кугле по пречнику и мерењем одговарајуће тврдоће на истој површини за узорак кугле ливене претходном технологијом и за узорак кугле ливене у условима експеримента. Оптимизацијом процеса ливења постигнут је синергијски ефекат на кључне индикаторе перформанси пословања у индустрији ливарства.
- унапређење кључних индикатора перформанси пословања на примеру ливнице Гуча и повећање ефективност пословних процеса у ливници применом *BSC* модела.

Током наредних година резултати ових истраживања ће показати свој потенцијал за комерцијализацију како на домаћем тако и на иностраном тржишту.

Правци даљих истраживања подразумевају:

- укључивање других метода, пре свега фази (*Fuzzy*) логике приликом испитивања утицаја организационог учења, преко интерних процеса и задовољства купаца на финансијске перспективе у ливницама;
- проширење истраживања на земље окружења како би се извршило егзактно поређење с нашим економским условима;
- адаптацију развијених модела на мање ливнице и
- рад на комерцијализацији представљених модела.

Пословни процеси у свим организацијама па тако и у ливницама, њихови циљеви, исходи кључних перформанси и *KPI* представљају веома важне факторе успеха који треба да буду пажљиво процењени, праћени и унапређени. Праћење и мерење *KPI* указује на одступања између постављених и остварених резултата а самим тим омогућава и кориговање потенцијалних одступања од постављених циљева. Процена и побољшање процеса је свеобухватан приступ организационим променама и обично даје најзначајнији ефекат на финансијске перспективе. Самим тим је мерење *KPI* процеса и њихово унапређивање важан задатак у свакој производној организацији.

Представљена решење у овој дисертацији су флексибилна, тако да све промене, како у броју процеса тако и броју *KPI* могу лако да се укључе у модел, уколико ливнице али и друге производне организације покажу потребу за тим. Такође, могуће је разрадити различите сценарије променом релативне важности сваког *KPI* или променом вредности одређених *KPI*.

Ограничења истраживања спроведеног у овој дисертацији, која су свакако присутна, могу дати предлог за будућа истраживања. Ограничење представља усмереност само на ливнице црне металургије (узете су обзир ливнице црне металургије на подручју Србије).

Једно од кључних питања је, да ли је постављене моделе могуће применити на друге ливнице (на пример ливнице обојене металургије?). Затим, извесно ограничење у истраживању представља недостатак потпуних података о технолошком нивоу ливница које су узете за поређење.

Додатно ограничење ове дисертације се односи на део податке добијених анкетањем. С обзиром да су подаци добијени од непосредних руководиоца и доносиоца одлука у посматраним ливницама, ова чињеница подразумева ризик од добијања пристрасних одговора у погледу оцењених вредности *KPI*. Такође, приликом анализе анкете дошло је и до елиминисања појединих анкета јер су биле непотпуне, као и оних које су указивале на екстремне вредности (изузетно високе или веома ниске вредности индикатора).

## LITERATURA

- [1] M., Međugorac, M., Savić, U., Sikimić, M., Šakota: "Razvoj i implementacija ključnih indikatora performansi kao sredstvo modernog upravljanja kompanijom", XVII skup trendova razvoja "Evropa 2020: društvo zasnovano na znanju", Kopaonik 07.-10.03.2011, pp. 1-3.
- [2] K. Turilova, M. Sigutina, B. Nekrasov, *Resource Efficiency in the Ferrous Foundry Industry in Russia: Benchmarking Study*, IFC Advisory Services in Eastern Europe and Central Asia, 2011.
- [3] E. Nand Gopal, D. Ramesh, *Resource Efficiency for Sustainability in Ferrous Foundry – A Case of Kolhapur MSME Cluster*, *Indian Foundry Journal*, Vol 60 No2, February 2014.
- [4] Foundrybench, *Improving the energy efficiency of foundries in Europe, Supported by intelligent energy Europe*, IEE/07/585/SI2 500402, <http://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/foundrybench> .dostupno:jul 2014.god.
- [5] Mileva Filipović, *Sociologija, Pozitivistička paradigma: nove saznanje teškoće savremene sociologije*, *Sociologija*, Vol L(2008)N° 3.
- [6] S. Gunn, *Support Vector Machines for Classification and Regression*, Technical Report, University of Southampton, 1998, UK.
- [7] Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2008). *The elements of statistical learning, data mining, inference and prediction (2nd ed.)*. Springer.
- [8] <http://www.pks.rs/> dostupno: jul 2015.
- [9] Radiša R., Gulišija Z., *Rational use of energy in metallurgy and processing industry*, Monograph, page 35-45, Serbia, Belgrade, April 2006.
- [10] Petar. P. Petrovic, *Industrijski sistemi Srbije (IV)*, *Industrija* 2012.
- [11] <http://www.vibilia.rs/> dostupno: novembar 2013. godine.

- [12] Markovic S., *Najbolje dostupne tehnike za livenje, ograničenja i mogućnosti, autorizovano predavanje, seminar Metalurgija i integrisana dozvola Tehnološko-metalruški fakultet Beograd, 8. decembar 2011.*
- [13] Manasijevic, S., Pavlović-Aćimović, Z. Radiša, R.,: *Optimizacija parametara livenja klipova korišćenjem softverskog paketa MagmaSoft, MjOM Metalurgija-Journal of Metallurgy, Beograd, oktobar 2008.*
- [14] J. Filipović, M. Đuričić, *Osnove kvaliteta, FON Beograd, 2009.*
- [15] Zhou Jianxin, Ji Xiaoyuan, Liao Dunming, Guan Bifeng, Guan Bihong, Pang Shengyang, and Tang Hongtao: *Rescarch and application of enterprise resource planning system for foundry enterprises, China foundry, vol.10 No.1, January 2013.*
- [16] *Modern Casting 45<sup>th</sup> census of world casting production. Modern Casting, 2011 (12) :16-19.*
- [17] Liang Chen. *Development trend of founding industry: good quality, high efficiency, environmiental protection. Aeronautical Manufacturing Technology, 2011 (21): 68-70. (In Chinese).*
- [18] Vinayagasundaram R., and Nedunchezhian V.R. *Application of modern technology in foundries and its impact on productivity and profitability. European Journal of Social Sciences, 2012, 29(2):320-330.*
- [19] B. Ainapur, R. Kumar Singh, P.P.Vittal, *Supply Chain Performance Enhancement Using Toc – Entropy – GP Application, The International Journal of Management, Vol:1/Issue:4 (oktober, 2012).*
- [20] *Referentni dokument koji se odnosi na livnice i kovačnice (BREF - Best Available Technique Reference Notes) odnosi se na razmenu informacija iz člana 16(2) Direktive Saveta 96/61/EC.*
- [21] Dušan Vujović, *Susiness Enabling Project – USAID Projekat za bolje uslove poslovanja, april 2012., str. 47.*
- [22] Pešaljević M., *Inženjerske komunikacije i logistika, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1995., str. 161.*
- [23] Pešalj, B. (2006), *Merenje performansi preduzeća – Tradicionalni i savremeni sistemi, Ekonomski fakultet, Beograd., str. 12.*



- [24] Golubovic, D., Rajkovic D., Đurđević S., Gojkovic R., Moljevic S. „Pristupi merenja performansi standardizovanih sistema menadžmenta“, 8. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem „Kvalitet 2013“, Neum, B&H, 06.-08. Juni 2013.cit. str.2.
- [25] Bourne, M. Neely, A. (2003), *Implementing performance measurement systems: a literature review*, int. J. Business Performance Management, Vol.5, No.1, Centre for Business Performances, School of Management, Cranfield University, Cranfield, str. 3.
- [26] Kilibarda, M. (2007), „Logistički kontroling kao podrška upravljanju kvalitetom u logistici, Festival kvaliteta, Kragujevac, str. 3.
- [27] Johnson M., Gustafsson A., *Improving Customer Satisfaction, Loyalty and Profit*, John Wiley, 2000.
- [28] Radovic M., Karapandzić S., *Inženjering procesa FON*, Beograd 2005.
- [29] Rajković D., *Integrirani sistemi menadžmenta u malim i srednjim preduzećima, doktorska disertacija, Fakultet inženjerskih nauka Kragujevac, 2010.*
- [30] Čekić, Š.: *Osnovi metodologije i tehnologije izrade znanstvenog i stručnog djela*, FSK, Sarajevo, 1999. god., str. 73.
- [31] Đuričić, M., Aćimović-Pavlović, Z., Đuričić, R., *Tehnologija procesnog pristupa-osnova za unapređenje procesa u metalurgiji*, MJoM, Vol 13, No 3, 2007.
- [32] Г. В. Самсонов, *Конфигурационние представления электроного строения в физическом материаловедении*, Наукова Думка, Киев, (1977).
- [33] *Reference document on Best Available Techniques on Emissions from Storage*, July, 2006.
- [34] *Reference document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries industry*, May 2005.
- [35] *Reference document on Best Available Techniques in Waste treatment Industries*, August 2006.
- [36] *Radni plan postrojenja za upravljanje otpadom*, Sirmium Steel d.o.o., Topionica i livnica čeličnih gredica, Inovacioni centar Tehnološko – metalruškog fakulteta, Beograd 2011.
- [37] *Studija o proceni uticaja na životnu sredinu projekta rekonstrukcije i dogradnje livnice – proizvodna linija Disamatik*, Akcionarsko društvo “Radijator” Zrenjanin, Prokonsting, Kikinda, 2011.
- [38] Đorđe Zrnić, Momir Prokić, Predrag Milović, *Projektovanje livnice*, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 1985.

- [39] Tehnološki projekat livnice sivog liva „Guča“, Tehnološko-metalarlruški fakultet Univerziteta u Beogradu, Miloš N. Tomović, Beograd 1978.
- [40] Radomir Slavković, Ivan Milićević, Programsko upravljanje mašinama, Programiranje mašina alatki sa primerima, Tehnički fakultet Čačak, 2010 godina.
- [41] Goran Devedžić, CAD/CAM tehnologije, Mašinski fakultet Kragujevac, 2009 godina.
- [42] Upotreba CAE tehnike za tehnologiju virtualnog dizajna-ušteta u livnicama u Srbiji (Use of CAE Techniques in Virtual design of Metalcasting technology-saving in Serbian Foundries) *Livarstvo*, Volume 47, No 1, Beograd, Oktobar 2008 ISSN 0456-2933.
- [43] S. Manasijević *Veština i intuicija livaca ili livenje pomoću kompjutera (Skil and intuition of foundrymen or computer assisted casting)*, *Livarstvo*, Volume 47, No 1, Beograd, Oktobar 2008 ISSN 0456-2933.
- [44] Zoran Anišić, *Proizvodne tehnologije II, tehnologija livenja*, Subotica 2003.
- [45] Golubović D., Radović M., *Postupak merenja performansi*, <http://konsultuj.me/wp-content/uploads/Postupak-merenja-performansi-procesa.pdf>, dostupno novembar 2014.
- [46] Radović M., (2000). *Identifikacija i klasifikacija procesa kao ključni korak procesnog pristupa*, Zbornik radova Symorg 2000, FON, Beograd.
- [47] <https://managementmania.com/en/> dostupno novembar 2015.
- [48] Kaplan, R.S., & Norton, D.P. (1992, January – February): *Balanced Scorecard: Measures That Drive Performance*, *Harvard Business Review*, str.71-79.
- [49] Jaško, O., Čudanov, M., Jeftić, M., Krivokapić, J. (2013): *Projektovanje organizacije*, FON, Beograd, str.377.
- [50] *Diagnostics Guide for Data Collection Calculation of Key Performance Indicators to be used in combination with the Benchmarking Questionnaire*, International Finance Corporation World Bank Group, Foundry Industry – Benchmarking, 2011.
- [51] <http://www.sepa.gov.rs/download/Indikatori.pdf> /, dostupno novembar 2015.
- [52] <http://www.iso.org/iso/home.html/>, dostupno novembar 2015.
- [53] <http://www.emas.com/>, dostupno novembar 2015.
- [54] Ahmed, P. & Rafiq, M. (1998) *Integrated Benchmarking: a Holistic Examination of Select Technics for Benchmarking Analysis*, *Benchmarking for Quality Management and Technology*, Vol. 5(3).
- [55] Jafari, J. (2000) *Encyclopedia of Tourism*, Routledge, London.
- [56] Spendolini, M. J. (1992) *The Benchmarking Book*, Amacon, New York.

- [57] Kotler, P. (1994) *Marketing Management, Analysis, Planing, Implementation and Control*, Prentice Hall, New Jersey.
- [58] Wöber, K. W. (2002) *Benchmarking in Tourism and Hospitality industry*, CAB International.
- [59] Elmuti, D. (1998) *The Perceived Impact of the Benchmarking Process on Organisational Effectiveness*, *Production and Inventory Management Journal*.
- [60] Voss, C., Ahlstrom, P., Blackmon, K. (1997) *Banchmarking and Operational Performance: Some Empirical Resolts*, *International Journal of Operations and Production Management*, 17.
- [61] Christopher M., Payne A., Ballantyne D. (1993): *Relationship Marketing – Bringing quality, costumers service and marketing together*, Oxford, B.H.
- [62] Watson, G. H., 1993, *Strategic Benchmarking (How to Rate Your Companys Performance Against the World's Best)*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- [63] Raonić D., *Primena Benčmarkinga u menadžmentu kvalitetom*, 33. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac, 10.-12. Maj 2006, str. 55.
- [64] Elmuti, D., Kathawala, Y., Lloyd, S.: „*The benchmarking process: assessing its value and limitations*“, *Industrial Management*, 1997, vol. 39, no. 4., pp. 12-19., str. 19.
- [65] Andersen, B., *Industrial Benchmarking for competitive advantage*, *Human Systems Management* 18, 1999.
- [66] Matters, M., Evans, A., *The nuts and bolts of benchmarking*, London, 1996.
- [67] <http://www.ikgguca.rs> /dostupno april 2014.
- [68] <http://www.jedinstvolivnicapozega.rs/> dostupno april 2014.
- [69] <http://www.livnicakikinda.com/> dostupno jul 2014.
- [70] <http://www.livnicatopola.rs/> dostupno jul 2015.
- [71] <http://www.priv.rs/Agencija-za-privatizaciju/> 90/LIVNICA-TOPOLA-AD.shtml/ dostupno jul 2015.
- [72] <http://www.radijatorzr.com/> dostupno jul 2015.
- [73] <http://www.kopexminliv.rs/> dostupno jul 2015.
- [74] *Službeni dodatak EMAS, Glasnik privredne komore Crne Gore, decembar 2010.*
- [75] <http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso14000.htm>
- [76] *Gef - World Bank Project „ Financing Energy Efficiency at MSMEs “, Bureau of Energy Efficiency, Issue 1 Oct-Dec.2012.*

- [77] Kaplan, R.S., Norton, D. P.(2008), *The Execution Premium: Linking Strategy to Operations for Competitive Advantage*, Harvard Business School Press, Boston, Massachusetts, USA, str.34.
- [78] Stanišić, M., Mašić, B., (2009), „Implementacija strategije: Koliko nam može pomoći *Balanced Scorecard?*“
- [79] Kaplan, R.S., Norton, D. P.(2006), *The Balanced Scorecard : Translating Strategy into Action*, Harvard Business School, Boston, Massachusetts, USA, str.28.
- [80] Mašić, B., (2009), *Strategijski menadžment*, Univerzitet Singidunum, Beograd, str. 412.
- [81] Kaplan, R.S., Norton, *The Balanced Scorecard : Translating Strategy into Action*, Hardcover – September 1, 1996.
- [82] Kaplan, R.S., Norton, D.P.(2001), *The Strategy-Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Business Environment*, Harvard Business School Press, Boston Massachusetts, USA, str.84.
- [83] Norton, D.P. (2000). „*Having Trouble with Your Strategy? Then Map It*“, *Harvard Business Review* Sept.-Oct.
- [84] Kaplan, R. S., Norton, D.P. (1997). *Balanced Scorecard - Strategien erfolgreich umsetzen*. Stuttgart: Verlag Schäffer-Poeschel.
- [85] M.Lončarević: *Sustav uravnoteženih ciljeva u funkciji uspešnosti poslovanja hrvatskih poduzeća*, *Ekonomski pregled*, 57 (1-2) 97-129 (2006).
- [86] <http://www.iim.ftn.uns.ac.rs/>, *Primena „Balanced Scorecard“ Metodologija u preduzeću*,/ dostupno: mart 2015.god.
- [87] <http://www.ekfak.kg.ac.rs/sites/default/files/nastava/Novi%20Studijski%20Programi/IV%20godina/PoslovneFinansije/Predavanja/II%20Racio%20analiza%202011.pdf>  
*Poslovne finansije Ekonomski fakultet u Kragujevcu*,/ dostupno avgust 2015.
- [88] Van Horne: *Financial management and policy*, twelfth edition, Prentice-Hall international, Inc., 2002., p. 361.
- [89] <http://mcb.rs/>, dostupno avgust 2015.
- [90] <https://www.blberza.com/Pages/DocView.aspx?page=SP34/>, dostupno avgust 2015.
- [91] Stancic dr P.: *Finansijsko upravljanje i merenje likvidnosti preduzeca*, Monografija „Upravljanje ključnim aspektima transformacije preduzeca“ Ekonomski fakultet Kragujevac, Kragujevac, 1999. godine.

- [92] *Stojiljkovic dr M., Krstic dr J.: Finansijska analiza (Teorijsko-metodološke osnove), Ekonomski fakultet Niš, Niš, 2000., str. 82.*
- [93] *Rankovic dr J.: Upravljanje finansijama preduzeca, VI izdanje, Ekonomski fakultet Beograd, 1992., str. 32 – 39.*
- [94] *Sladana Savović, Značaj obuke i razvoja kadrova u ostvarivanju konkurentske prednosti preduzeća, Ekonomski horizonti, 2006, 8, (1-2), str. 49-58.*
- [95] *Radomir Brzaković, Zoran Marjanović, Računarski sistemi za upravljanje proizvodnjom, XXXIII Savetovanje proizvodnog mašinstva Srbije, 2009. sa međunarodnim učešćem, Beograd, 16.-17.06.2009.*
- [96] *Trebješanin, Ž., 2004, Rečnik psihologije, Beograd: Stubovi kulture.*
- [97] *BSC DESIGNER (<http://www.bscdesigner.com/>), dostupno avgust 2015.*
- [98] *Predrag Pravdić, BSC u profitnim i neprofitnim organizacijama, 38. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac, 19.-21. Maj 2011., str. 7-13.*
- [99] *R. Kaplan D. Northon, The strategy focused organization, Harvard Business school 2000.*
- [100] *E. Stewart Wendy, "Balanced Scorecard for Projects"; (2000 International Student Paper Award Winner), Project Management Journal, March 2001.*
- [101] <http://wwwserver.medfak.ni.ac.rs/PREDAVANJA/1.%20MEDICINA/STATISTIKA>
- [102] *Stojković, M, "Statistika", Ekonomski fakultet u Subotici, 2001, str. 823.*
- [103] <http://www.real-statistics.com/multiple-regression/>, dostupno avgust 2015.
- [104] *Janjić, D., Zbirka zadataka iz Poslovne statistike, Megatrend univerzitet primenjenih nauka, 2004.*
- [105] *Grbović, M., Magdalinović, N., Procesna oprema drobljenja i mlevenja mineralnih sirovina, Tehnički fakultet Bor, Institut za bakar Bor i Rudarski institut Beograd, Bor (1980)*
- [106] *Gunn S.: Support Vector Machines for Classification and Regression, Technical Report, Dept. of Electronics and Computer Science, University of Southampton, U.K., 1998.*
- [107] *J. Shawe-Taylor, N. Cristianini, Kernel Methods for Pattern Analysis, Cambridge University Press, New York, 2004.*
- [108] *N. Cristianini, J. Shawe-Taylor, An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-Based Learning Methods, Cambridge University Press, New York, 2000.*

- [109] <http://www.isis.ecs.soton.ac.uk/resources/svminfo/>,dostupno/ avgust 2015.
- [110] R.Slavkovic, Z. Jugovic, S. Dragicevic, A. Jovicic, V. Slavkovic: *An application of learning machine methods in prediction of wear rate of wear resistant casting parts*, *Computers & Industrial Engineering*,ISSN 0360-8352 Volume 64, Issue 3, March 2013, Pages 850–857.
- [111] B. Scholkopf, A. Smola, *Learning with Kernels: Support Vector Machines, Regularization, Optimization, and Beyond*, The MIT Press, March 2006.
- [112] Jovicic Aleksandar: *Demand management casting abrasion resistant*, 39. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Srbija, ISBN: 978-86-86663-83-2., June 07.- 09. 2012.
- [113] Radomir Slavkovic, Zvonimir Jugovic,Snezana Dragicevic, Aleksandar Jovicic, Vladimir Slavkovic, *A Study of wear Rate Estimation of Casting Parts by Support Vector Machine*, 16<sup>th</sup> International Research/Export Conference „Trends in the Development of Machinery and Associated Technology“, p.619-622, TMT 2012, Dubai, UAE, 10-12 September 2012.
- [114] F.J. Martinez-de-Pison, C. Barreto, A.Pernia, F. Alba, *Modelling of an elastomer profile extrusion process using support vector machines (SVM)*, *Journal of Materials Processing Technology* 197 (2008), 161–169.
- [115] Zhehe Yao, Deqing Mei, Zichen Chen, *On-line chatter detection and identification based on wavelet and support vector machine*, *Journal of Materials Processing Technology* 210 (2010), 713–719.
- [116] Neng-Hsin Chiu, Yu-Yang Guao, *State classification of CBN grinding with support vector machine*, *Journal of Materials Processing Technology* 201 (2008) 601–605.
- [117] Jovičić, A., *Optimisation in the Process of Standardisation of Low Chrome Withe Cast Iron Casting*, 5<sup>th</sup> International Quality Conference, *Proceedings- 5th IQC*, pp.315-323, Center for Quality ([http://www.cqm.rs/wp/?lang=en\\_us](http://www.cqm.rs/wp/?lang=en_us)), Faculty of Mechanical Engineering of Kragujevac, Kragujevac (2011).
- [118] Jovanović M.,Lazić V., Adamović D., Ratković N., *Mašinski materijali*, Univerzitet u Kragujevcu, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 2003.
- [119] Sedmak, A., Šijački-Žeravčić, V., Milosavljević, A., Đorđević, V., Vukićević, M., *Mašinski materijali – drugi deo*, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2000.

- [120] Đurić, S., Perović, M., Sabo B., *Matematičko modeliranje procesa navarivanja*, IMK-14 *Istraživanje i razvoj*, Godina XIV, Broj (28-29) 1-2/2008.
- [121] Jovicic Aleksandar: *Optimizacija u funkciji standardizacije odlivaka od niskohromiranog belog livenog gvožđa*, Master rad, Fakultet organizacionih nauka univerziteta u Beogradu, 2009.
- [122] Stanić, J., *Metod inženjerskih merenja*, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 1990.
- [123] R. Slavkovic, S. Arsovski, A. Veg, Z. Jugović, A. Jovicic, N. Dučić: *Casting Process Optimization by the Regression Analysis Applied on the Wear Resistant Parts Molding*, *Tehnički vjesnik* 19, 1(2012), 141-146., ISSN 1330-3651.
- [124] Stanić J., *Uvod u teoriju tehnoekonomske optimizacije*, Mašinski fakultet, Beograd, 1988.
- [125] Stanić, J., *Matematičke osnove tehnoekonomske optimizacije*, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 1976.
- [126] Stanić, J., *Upravljanje kvalitetom proizvodnje, Metodi I, Metodi II*, Građevinska knjiga, Beograd, 1985.
- [127] Marković, V. *Racionalizacija eksperimentalnih istraživanja primenom teorije višefaktornog eksperimenta*, IMK-14, *Istraživanje i razvoj*, godina XIII, broj (26-27) 1-2/2007.
- [128] Bala. P, *Microstructural characterization of the new tool Ni – based alloy with high carbon and chromium content*, *Archives of metallurgy and materials*, Vol. 55, 2010.
- [129] Slavkovic, R., *Addendum to determination of processing functions at drilling deep holes*, *Machine Engineering* 34, no. 3., 1985., pg.327-335, 1985.
- [130] [http://www.mathworks.com/help/pdf\\_doc/matlab/getstart.pdf](http://www.mathworks.com/help/pdf_doc/matlab/getstart.pdf)/dostupno oktobar 2015.

# ПРИЛОЗИ



Упитник  
за  
одређивање стандарда  
кључних индикатора перформанси пословања  
у  
ливницама

ИМЕ И ПРЕЗИМЕ АНКЕТИРАНОГ: Радован Ракићевић  
ФУНКЦИЈА: Технички директор  
НАЗИВ ДРУШТВА: Индустијски комбинат "Гуча" ад Гуча  
МЕСТО: Гуча  
Телефон: 066 6882798

## Сврха упитника о кључним индикаторима перформанси

Овај „Упитник о кључним индикаторима перформанси” намењен је изради докторске дисертације под насловом „Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства”, кандидата Александра Јовичића.

Упитник садржи два одељка о подацима:

- Одељак А) Питања која су значајна за прикупљање података који су неопходни за израчунавање *KPI* о ресурсној ефикасности у ливници  
- Одељак Б) Питања која су значајна за прикупљање података ради омогућавања поређења *KPI* у истим ливницама, података о поседовању сертификата система менаџмента, *EMAS* сертификата, *IPPC* дозволе као и података који се односе на *BSC* перспективе и то:

- финансијске перспективе,
- перспективе односа према купцима,
- перспективе интерних пословних процеса у организацији и
- перспективе учења и раста.

## Поверљивост

Александар Јовичић гарантује да ће индивидуални подаци које ваша компанија обезбеди бити третирани као поверљиви и неће бити откривани трећим странама. Питања и подаци који ће бити сакупљени су ограничени толико да омогућавају калкулацију *KPI* о ресурсној ефикасности и не обухватају осетљиве економско-финансијске информације.

**Упитник ће бити достављен на доле назначену адресу:**

Александар Јовичић  
Чеде Васовића бб, 32230 Гуча,  
[aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com)

Уколико имате питања о испуњавању овог упитника или вам је потребно појашњење, молимо вас да се обратите Александру Јовичићу на адресу: [aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com) или на тел. 069710285.

**А) Одређивање стандарда-KPI**

Посматрани период

Попуните засебне упитнике за свако калупно постројење

Назначите бројеве који су претпоставка, а не измерене вредности

Посматрани периоди

2009.год.	2010.год.	2011.год.
Постројење назив: Индустијски комбинат "Гуча" а.д. Гуча		

**Одељак А1: Процесни принос (%)**

		Посматрани периоди		
		2009.год.	2010.год.	2011.год.
		Постројење назив: Индустијски комбинат "Гуча" а.д. Гуча		
		израчунаће/верификовати АЈ		
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<b><u>А1.1</u></b>	<b><u>Губитак при топљењу</u></b>	%		
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)		%		
<i>Материјал који се губи током топљења (или оксидацијом или инкорпорирањем шљаке) изражен као проценат металног материјала унетог у топионе пећи</i>		%		
<b><u>А1.1.1</u></b>	Која је укупна тежина металних материјала унетих у пећ?	16.604	18.234	21.248
<b><u>А1.1.2</u></b>	Која је укупна тежина течног материјала присутног из пећи?	15.094,00	16.576,00	19.317,00
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<b><u>А1.2</u></b>	<b><u>Чишћење и просипање</u></b>	%		
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)		%		
<i>Тежина течног метала који се пресипа из пећи а који се не сипа у калупе изражена као проценат присутног метала</i>		%		
<b><u>А1.2.1</u></b>	Која је укупна количина течног метала који се сипа у калупе?	14.641,00	16.079,00	18.737,00
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<b><u>А1.3</u></b>	<b><u>Хранитељи и уливни системи (принос из калупа)</u></b>	%		
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)		%		
<i>Тежина течног метала сипаног у калуп који не формира одливак изражена као проценат течног метала сипаног у тај калуп.</i>		%		
<b><u>А1.3.1</u></b>	Која је укупна тежина бруто произведених одливака?	11.611,00	12.751,00	14.859,00
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<b><u>А1.4</u></b>	<b><u>Отпатци и шкарт</u></b>	%		
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)		%		
<i>Тежина отпадних одливака (укључујући повраћај од стране клијента) изражена као проценат тежине бруто произведених одливака.</i>		%		
<b><u>А1.4.1</u></b>	Која је укупна тежина интерно отпадних одливака?	455	750	789,00
<b><u>А1.4.2</u></b>	Која је укупна тежина одливака одбачених или враћених од стране клијента (можда ливнице поседују машинску радионицу)?	25	45	57

**Одељак А2: OEE - Ефикасна производња(%)**

		%	израчунаће/верификовати АЈ		
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>		
<u>A2.1</u>	<u>Време отказа</u> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  <i>Време током којег калупно постројење не ради услед кварова или оперативних разлога изражено као проценат укупно доступног времена за производњу, (често називано нето оперативно време).</i>	%	5,40%	5,00%	5,30%
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>		
A2.1.1	Који је укупан број сати током којих калупно постројење треба да ради (пуна година)?	сати	6.320	6.400	6.450
A2.1.2	Који је укупан број сати током којих је калупно постројење стварно радило (пуна година)?	сати	5.980	6.080	6.110
<u>A2.2</u>	<u>Спори проток</u> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  <i>Производно време које је изгубљено јер је калупно постројење радило при брзини испод дизајнираног капацитета или израчунатог производа израженог као еквивалентни проценат нето оперативног времена</i>	%	9,1	9	9,2
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>		
A2.2.1	Који је дизајнирани капацитет (калупне линије)или израчунати производ (ручно калупљење) калупног постројења по сату?	калупи	250 k/h	250 k/h	250 k/h
A2.2.2	Који је укупан број произведених калупа за сваки посматрани период (пуна година)?	калупи	1.435.000	1.455.000	1.472.500
<u>A2.3</u>	<u>Лоши калупи</u> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  <i>Број произведених калупа који нису сипани изражен као проценат укупног броја произведених калупа</i>	%	22	17,6	16,2
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>		
A2.3.1	За горњу ставку 2.2.2 који је број произведених добрих калупа?	калупи	1.119.300	1.198.920	1.233.955
A2.3.2	Који је број произведених “лоших” и “несипаних” калупа?	калупи	315.700	256.080	238.545
<u>A2.4</u>	<u>Отпатци и шкарт</u> видети горњу ставку 1.4	%	3,92	5,88	5,31
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>		

**Одељак А3: ТЕЕР - Укупна ефикасна перформанса опреме(%)**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  
 Укупна ефикасна производња по години изражена као проценат  
 укупног капацитета постројења уколико оно ради 24 часа дневно,  
 365 дана годишње  
 Сви неопходни параметри су сакупљени у Сектору 2.

%

израчунаће/верификовати  
АЈЗа калкулацију видети  
тачку 4.3.2**Одељак А4: потрошња енергије****А4.1 Ефикасност при топљењу (кWh по отопљеној тони)**

Потрошња енергије подељена са тонажом металног материјала  
 унетог у пећи

СИВИ ЛИВ И ЛЕГУРЕ ГВОЖЂА

**А4.1а Ефикасност електричног топљења (кWh по отопљеној тони)  
ИЗМЕРЕНИ**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Потрошња струје пећи (кWh) подељена са тонажом металног  
 материјала унетог у пећ

А4.1.1 Која је кWh потрошња топионочког постројења (пећи) током  
 посматраног периода?

кWh/t

кWh

кWh/t

**А4.2 Укупна потрошња енергије (кWh / тона добрих одливака)  
ПРОЦЕНА**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Укупна потрошња енергије(кWh) у одељењима ливнице подељена са  
 тонажом нето произведених добрих одливака  
 (бројке за ливничко постројење, изузимајући монтажу и обраду)

А4.2.1 Која је укупна кWh потрошња постројења  
 током посматраног периода?

А4.2.2 Која је укупна потрошња гаса постројења  
 током посматраног периода?

А4.2.3 Уколико је применљиво, која је потрошња ложивог уља  
 постројења током посматраног периода?

кWh

кWh

кWh

**Одељак А5) Потрошња песка****А5.1 Потрошња новог песка (тона песка / тона добрих одливака)**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Тежина новог (свежег) употребљеног песка подељена тонажом  
 нето произведених добрих одливака. Овај индикатор укључује песок  
 за калупљење, као и песак за прављење језгра.

А5.1.1 Која је тежина новог песка купљеног током посматраног периода?

А5.1.2 Колико је песка из 5.1.1 потребно за прављење језгра?

т песка/

т добрих  
одливака

тона

%

	919.8	888.7	833.0
	15.272.500,00	16.204.314,00	17.698.688,00
	960,00	949,00	884,00
	10.690.750,00	11.343.020,00	12.389.082,00
	/	/	/
	/	/	/
	0.3	0.35	0.34
	3.600	4.200	4.800
	/	/	/

A5.1.3	Уз 5.1.1, да ли ливница користи већ коришћени песак од језгара ? Уколико користи, колико?	тона	/	/	/
A5.1.4	Уз 5.1.2, да ли ливница користи већ припремљена језгра? Уколико користи, која је тонажа?	тона	/	/	/
<b>A5.2</b>	<b>Стопа регенерације песка (%)</b> <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>				
A5.2a	Постројење за припрему бентонитне мешавине - стопа регенерације песка Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>	%	89.3	93.8	95.3
A5.2.1	Која је укупна тежина језгара додатих у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.2	Која је укупна тежина новог песка додатог у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.3	Која је укупна тежина бентонитне мешавине припремљене за калупно постројење током посматраног периода?	тона			
<b>Одељак А6) Потрошња воде (m<sup>3</sup> /тона добрих одливака)</b>	<i>Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) Укупна запремина воде подељена са тонажом нето произведених добрих одливака</i>	m <sup>3</sup> /t	3.36	3.34	2.91
A6.1	Која је укупна запремина воде која се троши унутар постројења?	m <sup>3</sup>	37.353	39.953	40.725
<b>Одељак А7) радна продуктивност (радни сати/ тона добрих одливака)</b>	<i>Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) Укупан број радних сати (изузимајући радне сате менаџера и супервизора) подељен са тонажом нето добро произведених одливака Како би се сакупили упоредиви подаци, бројање радника ће се обавити за следећа одељења</i>	h/t	45.5	44.0	36.5
A7.1	Укупан број запосленог особља	особа	230	237	232
<b>Одељак А7) Радна продуктивност (радни сати / тона добрих одливака)</b>					
A7.2	Који је укупан број радних сати? Подељен на доња одељења?	сати	506.880	525.888	511.104
A7.3	Који је број менаџерског особља?	особа	15	15	15

**Одељак Б1)** Питања која се односе на могућност поређења ливница и која се односе на BSC перспективе.

**Б1.1** Финансијске перспективе (подаци из биланса стања и биланса успеха)

**Б1.2** Перспективе односа са купцем

Степен задовољства купца на свим нивоа сарадње мерено индикатором задовољства купца

Квалитет производа

%

Рекламације/Процент враћених одливака од купца

Испорука у року (% испорука у року)

Перспектива интерних процеса

**Б1.3** Интерни процеси ( део података чине индикатори из одељка А)

Процент обучених радника

Индикатор заштите животне средине

Сертификати система менаџмента означите са "X"

Сертификат EMAS

IPPC дозвола

**Б1.4** Перспектива учења и раста

Ниво технологије

означите са "X"

Приврженост предузећу

( Процент одлазака из предузећа)

Ниво примене информационих система

(Постоји ли властити информациони систем?)

(Користе ли се комерцијални софтвери и у којим процесима?)

Ниво знања (удео квалификованих радника свих структура у укупном броју запослених)

Посматрани периоди

2009.год.	2010.год.	2011.год.
-----------	-----------	-----------

ROA	EBITDA	ROL	KOOS	KOObS	Solventmost
1	5,32	1,71	3,8	1,32	1,73

83,00	85,00	84,00
70	71	69

0,2	0,2	0,2
95	95	95

100%	100%	100%
33,3%	33,3%	33,3%
ISO 9001	ISO 14001	OHSAS 18001
X	X	X
Нема		
Нема		

Ручно	Полуаутоматско	Аутоматско
		X
0,5	0,5	0,5
X	X	X
X (Продаја, набавка)	X(пројектовање)	X (магазин)
69	71	70

Упитник  
за  
одређивање стандарда  
кључних индикатора перформанси пословања  
у  
ливницама

ИМЕ И ПРЕЗИМЕ АНКЕТИРАНОГ: Радован Ракићевић  
ФУНКЦИЈА: Технички директор  
НАЗИВ ДРУШТВА: Индустијски комбинат "Гуча" ад Гуча  
МЕСТО: Гуча  
Телефон: 066 6882798



## **Сврха упитника о кључним индикаторима перформанси**

Овај „Упитник о кључним индикаторима перформанси” намењен је изради докторске дисертације под насловом „Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства”, кандидата Александра Јовичића.

Упитник садржи два одељка о подацима:

- Одељак А) Питања која су значајна за прикупљање података који су неопходни за израчунавање *KPI* о ресурсној ефикасности у ливници
- Одељак Б) Питања која су значајна за прикупљање података ради омогућавања поређења *KPI* у истим ливницама, података о поседовању сертификата система менаџмента, *EMAS* сертификата, *IPPC* дозволе као и података који се односе на *BSC* перспективе и то:
  - финансијске перспективе,
  - перспективе односа према купцима,
  - перспективе интерних пословних процеса у организацији и
  - перспективе учења и раста.

## **Поверљивост**

Александар Јовичић гарантује да ће индивидуални подаци које ваша компанија обезбеди бити третирани као поверљиви и неће бити откривани трећим странама. Питања и подаци који ће бити сакупљени су ограничени толико да омогућавају калкулацију *KPI* о ресурсној ефикасности и не обухватају осетљиве економско-финансијске информације.

**Упитник ће бити достављен на доле назначену адресу:**

Александар Јовичић  
Чеде Васовића бб, 32230 Гуча,  
[aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com)

Уколико имате питања о испуњавању овог упитника или вам је потребно појашњење, молимо вас да се обратите Александру Јовичићу на адресу: [aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com) или на тел. 069710285.

## A) Одређивање стандарда-KPI

Посматрани период

Попуните засебне упитнике за свако калупно постројење

Назначите бројеве који су претпоставка, а не измерене вредности

### Одељак A1: Процесни принос (%)

#### A1.1 Губитак при топљењу

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

*Материјал који се губи током топљења (или оксидацијом или инкорпорирањем шљаке) изражен као проценат металног материјала унетог у топилоне пећи*

A1.1.1 Која је укупна тежина металних материјала унетих у пећ?

A1.1.2 Која је укупна тежина течног материјала присутног из пећи?

#### A1.2 Чишћење и просипање

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

*Тежина течног метала који се пресипа из пећи а који се не сипа у калупе изражена као проценат присутног метала*

A1.2.1 Која је укупна количина течног метала који се сипа у калупе?

#### A1.3 Хранитељи и уливни системи (принос из калупа)

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

*Тежина течног метала сипаног у калуп који не формира одливак изражена као проценат течног метала сипаног у тај калуп.*

A1.3.1 Која је укупна тежина бруто произведених одливака?

#### A1.4 Отпадци и шкарт

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

*Тежина отпадних одливака (укључујући повраћај од стране клијента) изражена као проценат тежине бруто произведених одливака.*

A1.4.1 Која је укупна тежина интерно отпадних одливака?

A1.4.2 Која је укупна тежина одливака одбачених или враћених од стране клијента (можда ливнице поседују машинску радионицу)?

Посматрани периоди

	2012.год.	2011.год.
Постројење назив. Индустијски комбинат "Гуча" а.д. Гуча		

%		израчунаће/верификовати AJ	
		За калкулацију видети тачку 4.3.2	
%		9,09	9,09
		За калкулацију видети тачку 4.3.2	
тона		24.500	21.248
тона		22.295,00	19.317,00
%		1,0	3,01
		За калкулацију видети тачку 4.3.2	
тона		22.079,00	18.737,00
%		20,0	20,07
		За калкулацију видети тачку 4.3.2	
тона		17.567,60	14.859,00
%		3,33	5,31
		За калкулацију видети тачку 4.3.2	
тона	455	750	789,00
тона	25	45	57

**Одељак A2: OEE - Ефикасна производња(%)**

		%		израчунаће/верификовати AJ	
				За калкулацију видети тачку 4.3.2	
<u>A2.1</u>	<u>Време отказа</u>	%		7,60%	5,30%
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)			За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	<i>Време током којег калупно постројење не ради услед кварова или оперативних разлога изражено као проценат укупно доступног времена за производњу, (често називано нето оперативно време).</i>				
A2.1.1	Који је укупан број сати током којих калупно постројење треба да ради (пуна година)?	сати		6.800	6.450
A2.1.2	Који је укупан број сати током којих је калупно постројење стварно радило (пуна година)?	сати		6.280	6.110
<u>A2.2</u>	<u>Спори проток</u>	%		9,2	9,2
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)			За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	<i>Производно време које је изгубљено јер је калупно постројење радило при брзини испод дизајнираног капацитета или израчунатог производа израженог као еквивалентни проценат нето оперативног времена</i>				
A2.2.1	Који је дизајнирани капацитет (калупне линије)или израчунати производ (ручно калупљење) калупног постројења по сату?	калупи		250 k/h	250 k/h
A2.2.2	Који је укупан број произведених калупа за сваки посматрани период (пуна година)?	калупи		1.453.000	1.472.500
<u>A2.3</u>	<u>Лоши калупи</u>	%		14,7	16,2
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)			За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	<i>Број произведених калупа који нису сипани изражен као проценат укупног броја произведених калупа</i>				
A2.3.1	За горњу ставку 2.2.2 који је број произведених добрих калупа?	калупи		1.312.210	1.233.955
A2.3.2	Који је број произведених “лоших” и “несипаних” калупа?	калупи		230.790	238.545
<u>A2.4</u>	<u>Отпатци и шкарт</u>	%		3,33	5,31
	видети горњу ставку 1.4			За калкулацију видети тачку 4.3.2	

**Одељак А3: ТЕЕР - Укупна ефикасна перформанса опреме(%)**

%

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  
 Укупна ефикасна производња по години изражена као проценат  
 укупног капацитета постројења уколико оно ради 24 часа дневно,  
 365 дана годишње  
 Сви неопходни параметри су сакупљени у Сектору 2.

**Одељак А4: потрошња енергије****А4.1 Ефикасност при топљењу (кWh по отопљеној тони)**

Потрошња енергије подељена са тонажом металног материјала  
 унетог у пећи

СИВИ ЛИВ И ЛЕГУРЕ ГВОЖЂА

**А4.1а Ефикасност електричног топљења (кWh по отопљеној тони)**

кWh/t

**ИЗМЕРЕНИ**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Потрошња струје пећи (кWh) подељена са тонажом металног  
 материјала унетог у пећ

А4.1.1 Која је кWh потрошња топионичког постројења (пећи) током  
 посматраног периода?

кWh

**А4.2 Укупна потрошња енергије (кWh / тона добрих одливака)**

кWh/t

**ПРОЦЕНА**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Укупна потрошња енергије(кWh) у одељењима ливнице подељена  
 са тонажом нето произведених добрих одливака  
 (бројке за ливничко постројење, изузимајући монтажу и обраду)

А4.2.1 Која је укупна кWh потрошња постројења  
 током посматраног периода?

кWh

А4.2.2 Која је укупна потрошња гаса постројења  
 током посматраног периода?

кWh

А4.2.3 Уколико је применљиво, која је потрошња ложивог уља  
 постројења током посматраног периода?

кWh

**Одељак А5) Потрошња песка****А5.1 Потрошња новог песка (тона песка / тона добрих одливака)**

т песка/

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

т добрих  
одливака

Тежина новог (свежег) употребљеног песка подељена тонажом  
 нето произведених добрих одливака. Овај индикатор укључује  
 песок за калупљење, као и песок за прављење језгра.

А5.1.1 Која је тежина новог песка купљеног током посматраног периода?

тона

А5.1.2 Колико је песка из 5.1.1 потребно за прављење језгра?

%

А5.1.3 Уз 5.1.1, да ли ливница користи већ коришћени песок од језгара ?  
 Уколико користи, колико?

тона

	израчунаће/верификовати АЈ	
	За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	1095.9	833.0
	За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	26.850.954,00	17.698.688,00
	За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	1.208,60	884,00
	За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	20.489.395,80	12.389.082,00
	/	/
	/	/
	За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	0.29	0.34
	За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	5.000	4.800
	/	/
	/	/

A5.1.4	Уз 5.1.2, да ли ливница користи већ припремљена језгра? Уколико користи, која је тонажа?	тона		/	/
<b>A5.2</b>	<b>Стопа регенерације песка (%)</b> <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>			93.8	95.3
A5.2a	Постројење за припрему бентонитне мешавине - стопа регенерације песка Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>	%	За калкулацију видети тачку 4.3.2		
A5.2.1	Која је укупна тежина језгара додатих у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.2	Која је укупна тежина новог песка додатог у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.3	Која је укупна тежина бентонитне мешавине припремљене за калупно постројење током посматраног периода?	тона			
<b>Одељак А6) Потрошња воде (m<sup>3</sup>/тона добрих одливака)</b>	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) <i>Укупна запремина воде подељена са тонажом нето произведених добрих одливака</i>	m <sup>3</sup> /t		3.34	2.91
A6.1	Која је укупна запремина воде која се троши унутар постројења?	m <sup>3</sup>	За калкулацију видети тачку 4.3.2		
				39.953	40.725
<b>Одељак А7) радна продуктивност (радни сати/ тона добрих одливака)</b>	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) <i>Укупан број радних сати (изузимајући радне сате менаџера и супервизора) подељен са тонажом нето добро произведених одливака</i> Како би се сакупили упоредиви подаци, бројање радника ће се обавити за следећа одељења	h/t		44.0	36.5
A7.1	Укупан број запосленог особља	особа	За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<b>Одељак А7) Радна продуктивност (радни сати / тона добрих одливака)</b>				237	232
A7.2	Који је укупан број радних сати? Подељен на доња одељења?	сати		525.888	511.104
A7.3	Који је број менаџерског особља?	особа		15	15

**Одељак Б1) Подаци кој се односе на могућност поређења ливница и који се односе на BSC перспективе**

**Б1.1** Финансијске перспективе (подаци из биланса стања и биланса успеха)

**Б1.2** Перспективе односа са купцем

Степен задовољства купца на свим нивоа сарадње мерено индикатором задовољства купца

Квалитет производа %

Рекламације/Процент враћених одливака од купца

Испорука у року (% испорука у року)  
Перспектива интерних процеса

**Б1.3** Интерни процеси ( део података чине индикатори из одељка А)  
Процент обучених радника  
Индикатор заштите животне средине

Сертификати система менаџмента  
означите са "X"

Сертификат EMAS  
IPPC дозвола

**Б1.4** Перспектива учења и раста  
Ниво технологије

Приврженост предузећу

(Процент одлазака из предузећа)

Ниво примене информационих система

(Постоји ли властити информациони систем?)

(Користе ли се комерцијални софтвери и у којим процесима?)

Ниво знања (удео квалификованих радника свих структура у укупном броју запослених)

Посматрани периоди

	2012.год.	2011.год.
--	-----------	-----------

ROA	EBITDA	ROL	KOoSS	KOObS	Solventnost
2,1	15,1	1,43	3,28	1,1	0,52

	85,00	84,00
	71	69

	0,2	0,2
	95	95

	100%	100%
	33,3%	33,3%
	ISO 9001	ISO 14001
X	X	X
	Нема	
	Нема	

	Ручно	Полуаутоматско	Аутоматско
			X
	0,5	0,5	0,5
	X	X	X
	X (Продаја, набавка)	X(пројектовање)	X (магазин)
		87,1	70

Упитник  
за  
одређивање стандарда  
кључних индикатора перформанси пословања  
у  
ливницама

ИМЕ И ПРЕЗИМЕ АНКЕТИРАНОГ: Илија Јовићевић  
ФУНКЦИЈА: Директор сектора за развој  
НАЗИВ ДРУШТВА: Јединство Ливница Пожега д.о.о.  
МЕСТО: Пожега  
Телефон: 069 839 4701

## Сврха упитника о кључним индикаторима перформанси

Овај „Упитник о кључним индикаторима перформанси” намењен је изради докторске дисертације под насловом „Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства”, кандидата Александра Јовичића.

Упитник садржи два одељка о подацима:

- Одељак А) Питања која су значајна за прикупљање података који су неопходни за израчунавање *KPI* о ресурсној ефикасности у ливници  
- Одељак Б) Питања која су значајна за прикупљање података ради омогућавања поређења *KPI* у истим ливницама, података о поседовању сертификата система менаџмента, *EMAS* сертификата, *IPPC* дозволе као и података који се односе на *BSC* перспективе и то:

- финансијске перспективе,
- перспективе односа према купцима,
- перспективе интерних пословних процеса у организацији и
- перспективе учења и раста.

## Поверљивост

Александар Јовичић гарантује да ће индивидуални подаци које ваша компанија обезбеди бити третирани као поверљиви и неће бити откривани трећим странама. Питања и подаци који ће бити сакупљени су ограничени толико да омогућавају калкулацију *KPI* о ресурсној ефикасности и не обухватају осетљиве економско-финансијске информације.

**Упитник ће бити достављен на доле назначену адресу:**

Александар Јовичић  
Чеде Васовића бб, 32230 Гуча,  
[aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com)

Уколико имате питања о испуњавању овог упитника или вам је потребно појашњење, молимо вас да се обратите Александру Јовичићу на адресу: [aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com) или на тел. 069710285.



## A) Одређивање стандарда-KPI

Посматрани период

Попуните засебне упитнике за свако калупно постројење

Назначите бројеве који су претпоставка, а не измерене вредности

### Одељак A1: Процесни принос (%)

		Посматрани периоди		
		2009.год.	2010.год.	2011.год.
		Постројење назив. Јединство Ливница Пожега д.о.о.		
			израчунаће/верификовати AJ	
			За калкулацију видети тачку 4.3.2	
<u>A1.1</u>	<u>Губитак при топљењу</u>			
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)			
	<i>Материјал који се губи током топљења (или оксидацијом или инкорпорирањем шљаке) изражен као проценат металног материјала унетог у топционе пећи</i>			
A1.1.1	Која је укупна тежина металних материјала унетих у пећ?	тона	2.980	2.940
A1.1.2	Која је укупна тежина течног материјала пресутог из пећи?	тона	2.860,8	2.822,4
				3.432
				3.294,7
				4,0
				4,0
				4,0
				4,0
				4,0
<u>A1.2</u>	<u>Чишћење и просипање</u>			
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)			
	<i>Тежина течног метала који се пресипа из пећи а који се не сипа у калупе изражена као проценат пресутог метала</i>			
A1.2.1	Која је укупна количина течног метала који се сипа у калупе?	тона	2.852,2	2.873,9
				3.284,7
				0,3
				0,3
				0,3
				0,3
				0,3
<u>A1.3</u>	<u>Хранитељи и уливни системи (принос из калупа)</u>			
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)			
	<i>Тежина течног метала сипаног у калуп који не формира одливак изражена као проценат течног метала сипаног у тај калуп.</i>			
A1.3.1	Која је укупна тежина бруто произведених одливака?	тона	2.167,7	2.184,2
				2.496,42
				24,0
				24,0
				24,0
				24,0
				24,0
<u>A1.4</u>	<u>Отпатци и шкарт</u>			
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)			
	<i>Тежина отпадних одливака (укључујући повраћај од стране клијента) изражена као проценат тежине бруто произведених одливака.</i>			
A1.4.1	Која је укупна тежина интерно отпадних одливака?	тона	130,1	135,4
A1.4.2	Која је укупна тежина одливака одбачених или враћених од стране клијента (можда ливнице поседују машинску радионицу)?	тона	5,7	3,8
				144,8
				4,6

**Одељак А2: OEE - Ефикасна производња(%)**

		%	израчунаће/верификовати AJ	
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>	
<u>A2.1</u>	<u>Време отказа</u> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  <i>Време током којег калупно постројење не ради услед кварова или оперативних разлога изражено као проценат укупно доступног времена за производњу, (често називано нето оперативно време).</i>	%	8,0%	10,2%
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>	
A2.1.1	Који је укупан број сати током којих калупно постројење треба да ради (пуна година)?	сати	3.840	3.840
A2.1.2	Који је укупан број сати током којих је калупно постројење стварно радило (пуна година)?	сати	3.529	3.445
<u>A2.2</u>	<u>Спори проток</u> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  <i>Производно време које је изгубљено јер је калупно постројење радило при брзини испод дизајнираног капацитета или израчунатог производа израженог као еквивалентни проценат нето оперативног времена</i>	%	6,6	8,7
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>	
A2.2.1	Који је дизајнирани капацитет (калупне линије)или израчунати производ (ручно калупљење) калупног постројења по сату?	калупи	73 k/h	73 k/h
A2.2.2	Који је укупан број произведених калупа за сваки посматрани период (пуна година)?	калупи	240.514	229.609
<u>A2.3</u>	<u>Лоши калупи</u> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  <i>Број произведених калупа који нису сипани изражен као проценат укупног броја произведених калупа</i>	%	5,6	5,8
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>	
A2.3.1	За горњу ставку 2.2.2 који је број произведених добрих калупа?	калупи	227.045	216.292
A2.3.2	Који је број произведених “лоших” и “несипаних” калупа?	калупи	13.469	13.317
<u>A2.4</u>	<u>Отпатци и шкарт</u> видети горњу ставку 1.4	%	6,0	6,2
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>	

**Одељак А3: ТЕЕР - Укупна ефикасна перформанса опреме(%)**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  
 Укупна ефикасна производња по години изражена као проценат  
 укупног капацитета постројења уколико оно ради 24 часа дневно,  
 365 дана годишње  
 Сви неопходни параметри су сакупљени у Сектору 2.

%

	израчунаће/верификовати АЈ	
--	-------------------------------	--

За калкулацију видети  
тачку 4.3.2

**Одељак А4: потрошња енергије****А4.1 Ефикасност при топљењу (кWh по отопљеној тони)**

Потрошња енергије подељена са тонажом металног материјала  
унетог у пећи

СИВИ ЛИВ И ЛЕГУРЕ ГВОЖЂА

**А4.1а Ефикасност електричног топљења (кWh по отопљеној тони)  
ИЗМЕРЕНИ**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Потрошња струје пећи (кWh) подељена са тонажом металног  
материјала унетог у пећ

А4.1.1 Која је кWh потрошња топионичког постројења (пећи) током  
посматраног периода?

кWh/t

кWh

800,0	795,0	805,0
-------	-------	-------

За калкулацију видети  
тачку 4.3.2

2.384.000,00	2.337.300,00	2.762.760,00
--------------	--------------	--------------

820,00	815,00	825,00
--------	--------	--------

За калкулацију видети  
тачку 4.3.2

**А4.2 Укупна потрошња енергије (кWh / тона добрих одливака)  
ПРОЦЕНА**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Укупна потрошња енергије(кWh) у одељењима ливнице подељена са  
тонажом нето произведених добрих одливака  
(бројке за ливничко постројење, изузимајући монтажу и обраду)

А4.2.1 Која је укупна кWh потрошња постројења  
током посматраног периода?

кWh

А4.2.2 Која је укупна потрошња гаса постројења  
током посматраног периода?

кWh

А4.2.3 Уколико је применљиво, која је потрошња ложивог уља  
постројења током посматраног периода?

кWh

1.651.398,00	1.666.594,00	1.936.275,00
--------------	--------------	--------------

/	/	/
---	---	---

/	/	/
---	---	---

**Одељак А5) Потрошња песка****А5.1 Потрошња новог песка (тона песка / тона добрих одливака)**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Тежина новог (свежег) употребљеног песка подељена тонажом  
нето произведених добрих одливака. Овај индикатор укључује песак  
за калупљење, као и песак за прављење језгра.

А5.1.1 Која је тежина новог песка купљеног током посматраног периода?

т песка/

т добрих  
одливака

тона

%

0,08	0,09	0,05
------	------	------

За калкулацију видети  
тачку 4.3.2

165,0	165,0	165,0
-------	-------	-------

/	/	/
---	---	---

A5.1.3	Уз 5.1.1, да ли ливница користи већ коришћени песак од језгара ? Уколико користи, колико?	тона	/	/	/
A5.1.4	Уз 5.1.2, да ли ливница користи већ припремљена језгара? Уколико користи, која је тонажа?	тона	/	/	/
<b>A5.2</b>	<b>Стопа регенерације песка (%)</b> <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>				
A5.2a	<b>Постројење за припрему бентонитне мешавине - стопа регенерације песка</b> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>	%	89,5	89,5	89,5
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>		
A5.2.1	Која је укупна тежина језгара додатих у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.2	Која је укупна тежина новог песка додатог у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.3	Која је укупна тежина бентонитне мешавине припремљене за калупно постројење током посматраног периода?	тона			
			0,84	0,76	0,8
<b>Одељак А6) Потрошња воде (m<sup>3</sup> /тона добрих одливака)</b>		m <sup>3</sup> /t			
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) <i>Укупна запремина воде подељена са тонажом нето произведених добрих одливака</i>				
A6.1	Која је укупна запремина воде која се троши унутар постројења?	m <sup>3</sup>	2.422,0	2.670,0	2.930,0
			91,6	93,7	65,2
<b>Одељак А7) радна продуктивност (радни сати/ тона добрих одливака)</b>		h/t			
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) <i>Укупан број радних сати (изузимајући радне сате менаџера и супервизора) подељен са тонажом нето добро произведених одливака</i> Како би се сакупили упоредиви подаци, бројање радника ће се обавити за следећа одељења				
A7.1	Укупан број запосленог особља	особа	115	112	117
<b>Одељак А7) Радна продуктивност (радни сати / тона добрих одливака)</b>					
A7.2	Који је укупан број радних сати? Подељен на доња одељења?	сати	207.000,0	201.600,0	201.600,0
A7.3	Који је број менаџерског особља?	особа	17	17	17

**Одељак Б1) Подаци који се односе на могућност поређења ливница и који се односе на BSC перспективе**

**Б1.1** Финансијске перспективе (подаци из биланса стања и биланса успеха)

**Б1.2** Перспективе односа са купцем

Степен задовољства купца на свим нивоа сарадње мерено индикатором задовољства купца

Квалитет производа

%

Рекламације/Процент враћених одливака од купаца

Испорука у року (% испорука у року)

Перспектива интерних процеса

**Б1.3** Интерни процеси ( део података чине индикатори из одељка А)

Процент обучених радника

Индикатор заштите животне средине

Сертификати система менаџмента означите са "X"

Сертификат *EMAS*  
*IPPC* дозвола

**Б1.4** Перспектива учења и раста

Ниво технологије

означите са  
"X"

Приврженост предузећу

(Процент одлазака из предузећа)

Ниво примене информационих система

(Постоји ли властити информациони систем?)

(Користе ли се комерцијални софтвери и у којим процесима?)

Ниво знања (удео квалификованих радника свих структура у укупном броју запослених)

Посматрани периоди

2009.год.	2010.год.	2011.год.
-----------	-----------	-----------

ROA	EBITDA	ROL	KOoSS	KOObS	Solventmost
0,37	0	2	2,26	1,41	0,42

90,0	90,00	90,00
76,5	76,0	77,0

0,3	0,2	0,4
97	98	96

100%	100%	100%
33,3%	33,3%	33,3%
ISO 9001	ISO 14001	OHSAS 18001
X	X	X
Нема		
Нема		

	Ручно	Полуаутоматско	Аутоматско
		X	
	0,5	0,5	0,5
	X	X	X
	X (Продаја, набавка)	X(пројектовање)	X (магацин)
	75	75	75

Упитник  
за  
одређивање стандарда  
кључних индикатора перформанси пословања  
у  
ливницама

ИМЕ И ПРЕЗИМЕ АНКЕТИРАНОГ: Радојица Стевановић  
ФУНКЦИЈА: Извршни директор  
НАЗИВ ДРУШТВА: Ливница Топола а.д. у реструктуирању  
МЕСТО: Топола  
Телефон: 065 8546540

## Сврха упитника о кључним индикаторима перформанси

Овај „Упитник о кључним индикаторима перформанси” намењен је изради докторске дисертације под насловом „Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства”, кандидата Александра Јовичића.

Упитник садржи два одељка о подацима:

- Одељак А) Питања која су значајна за прикупљање података који су неопходни за израчунавање *KPI* о ресурсној ефикасности у ливници  
- Одељак Б) Питања која су значајна за прикупљање података ради омогућавања поређења *KPI* у истим ливницама, података о поседовању сертификата система менаџмента, *EMAS* сертификата, *IPPC* дозволе као и података који се односе на *BSC* перспективе и то:

- финансијске перспективе,
- перспективе односа према купцима,
- перспективе интерних пословних процеса у организацији и
- перспективе учења и раста.

## Поверљивост

Александар Јовичић гарантује да ће индивидуални подаци које ваша компанија обезбеди бити третирани као поверљиви и неће бити откривани трећим странама. Питања и подаци који ће бити сакупљени су ограничени толико да омогућавају калкулацију *KPI* о ресурсној ефикасности и не обухватају осетљиве економско-финансијске информације.

**Упитник ће бити достављен на доле назначену адресу:**

Александар Јовичић  
Чеде Васовића бб, 32230 Гуча,  
[aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com)

Уколико имате питања о испуњавању овог упитника или вам је потребно појашњење, молимо вас да се обратите Александру Јовичићу на адресу: [aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com) или на тел. 069710285.

**А) Одређивање стандарда-KPI**

Посматрани период

Попуните засебне упитнике за свако калупно постројење

Назначите бројеве који су претпоставка, а не измерене вредности

**Одељак А1: Процесни принос (%)****А1.1 Губитак при топљењу**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

*Материјал који се губи током топљења (или оксидацијом или инкорпорирањем шљаке) изражен као проценат металног материјала унетог у топилоне пећи*

А1.1.1 Која је укупна тежина металних материјала унетих у пећ?

А1.1.2 Која је укупна тежина течног материјала присутног из пећи?

**А1.2 Чишћење и просипање**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

*Тежина течног метала који се пресипа из пећи а који се не сипа у калупе изражена као проценат присутног метала*

А1.2.1 Која је укупна количина течног метала који се сипа у калупе?

**А1.3 Хранитељи и уливни системи (принос из калупа)**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

*Тежина течног метала сипаног у калуп који не формира одливак изражена као проценат течног метала сипаног у тај калуп.*

А1.3.1 Која је укупна тежина бруто произведених одливака?

**А1.4 Отпадци и шкарт**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

*Тежина отпадних одливака (укључујући повраћај од стране клијента) изражена као проценат тежине бруто произведених одливака.*

А1.4.1 Која је укупна тежина интерно отпадних одливака?

А1.4.2 Која је укупна тежина одливака одбачених или враћених од стране клијента (можда ливнице поседују машинску радионицу)?

Посматрани периоди

2009.год.	2010.год.	2011.год.
Постројење назив. Ливница Топола а.д. у реструктурирању		

		Посматрани периоди		
		2009.год.	2010.год.	2011.год.
	%	израчунаће/верификовати А1		
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	%	10,0	10,0	10,0
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	тона	3.000	2.400	2.500
	тона	2.700,00	2.160,00	2.250,00
	%	1,0	1,5	1,0
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	тона	2.673,00	2.127,60	2.227,50
	%	20,0	20,0	20,0
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	тона	2.138,40	1.702,10	1.782,00
	%	14,0	15,0	10,0
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	тона	299,4	255,3	178,20
	тона	55,2	57,9	64,1



**Одељак А2: OEE - Ефикасна производња(%)**

		%	израчунаће/верификовати АЈ		
			За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<b>A2.1</b>	<b>Време отказа</b>	%	50,0%	53,1%	58,30%
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)			За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<i>Време током којег калупно постројење не ради услед кварова или оперативних разлога изражено као проценат укупно доступног времена за производњу, (често називано нето оперативно време).</i>					
A2.1.1	Који је укупан број сати током којих калупно постројење треба да ради (пуна година)?	сати	3.840	3.840	3.840
A2.1.2	Који је укупан број сати током којих је калупно постројење стварно радило (пуна година)?	сати	1.920	1.800	1.600
<b>A2.2</b>	<b>Спори проток</b>	%	11,1	9,4	13,1
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)			За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<i>Производно време које је изгубљено јер је калупно постројење радило при брзини испод дизајнираног капацитета или израчунатог производа израженог као еквивалентни проценат нето оперативног времена</i>					
A2.2.1	Који је дизајнирани капацитет (калупне линије)или израчунати производ (ручно калупљење) калупног постројења по сату?	калупи	55 k/h	55 k/h	55 k/h
A2.2.2	Који је укупан број произведених калупа за сваки посматрани период (пуна година)?	калупи	93.800	89.700	76.500
<b>A2.3</b>	<b>Лоши калупи</b>	%	18,0	19,0	16,0
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)			За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<i>Број произведених калупа који нису сипани изражен као проценат укупног броја произведених калупа</i>					
A2.3.1	За горњу ставку 2.2.2 који је број произведених добрих калупа?	калупи	76.916	72.657	64.260
A2.3.2	Који је број произведених “лоших” и “несипаних” калупа?	калупи	16.884	17.043	12.240
<b>A2.4</b>	<b>Отпатци и шкарт</b>	%	17,0	19,0	14,0
видети горњу ставку 1.4			За калкулацију видети тачку 4.3.2		

**Одељак А3: ТЕЕР - Укупна ефикасна перформанса опреме(%)**

%

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  
 Укупна ефикасна производња по години изражена као проценат  
 укупног капацитета постројења уколико оно ради 24 часа дневно,  
 365 дана годишње  
 Сви неопходни параметри су сакупљени у Сектору 2.

израчунаће/верификовати  
АЈЗа калкулацију видети  
тачку 4.3.2**Одељак А4: потрошња енергије****А4.1 Ефикасност при топљењу (кWh по отопљеној тони)**

Потрошња енергије подељена са тонажом металног материјала  
 унетог у пећи

СИВИ ЛИВ И ЛЕГУРЕ ГВОЖЂА

**А4.1а Ефикасност електричног топљења (кWh по отопљеној тони)  
ИЗМЕРЕНИ**

кWh/t

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Потрошња струје пећи (кWh) подељена са тонажом металног  
 материјала унетог у пећ

А4.1.1 Која је кWh потрошња топионочког постројења (пећи) током  
 посматраног периода?

кWh

970,0 981,0 967,0

За калкулацију видети  
тачку 4.3.2

2.910.000,00 2.354.400,00 2.417.500,00

1.280,00 1.265,00 1.189,00

**А4.2 Укупна потрошња енергије (кWh / тона добрих одливака)  
ПРОЦЕНА**

кWh/t

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Укупна потрошња енергије(кWh) у одељењима ливнице подељена  
 са тонажом нето произведених добрих одливака  
 (бројке за ливничко постројење, изузимајући монтажу и обраду)

А4.2.1 Која је укупна кWh потрошња постројења  
 током посматраног периода?

кWh

/ / /

А4.2.2 Која је укупна потрошња гаса постројења  
 током посматраног периода?

кWh

/ / /

А4.2.3 Уколико је применљиво, која је потрошња ложивог уља  
 постројења током посматраног периода?

кWh

0,33 0,4 0,38

За калкулацију видети  
тачку 4.3.2**Одељак А5) Потрошња песка****А5.1 Потрошња новог песка (тона песка / тона добрих одливака)**т песка/  
т добрих  
одливака

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Тежина новог (свежег) употребљеног песка подељена тонажом  
 нето произведених добрих одливака. Овај индикатор укључује  
 песак за калупљење, као и песак за прављење језгра.

А5.1.1 Која је тежина новог песка купљеног током посматраног периода?

тона

600,0 550,0 580,0

А5.1.2 Колико је песка из 5.1.1 потребно за прављење језгра?

%

/ / /

A5.1.3	Уз 5.1.1, да ли ливница користи већ коришћени песак од језгара ? Уколико користи, колико?	тона	/	/	/
A5.1.4	Уз 5.1.2, да ли ливница користи већ припремљена језгра? Уколико користи, која је тонажа?	тона	/	/	/
<b>A5.2</b>	<b>Стопа регенерације песка (%)</b> <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>				
<b>A5.2a</b>	<b>Постројење за припрему бентонитне мешавине - стопа регенерације песка</b> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>	%	0,0	0,0	0,0
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>		
A5.2.1	Која је укупна тежина језгара додатих у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.2	Која је укупна тежина новог песка додатог у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.3	Која је укупна тежина бентонитне мешавине припремљене за калупно постројење током посматраног периода?	тона			
			0,57	0,7	0,7
<b>Одељак А6) Потрошња воде (m<sup>3</sup>/тона добрих одливака)</b>	<i>Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) Укупна запремина воде подељена са тонажом нето произведених добрих одливака</i>	m <sup>3</sup> /t			
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>		
A6.1	Која је укупна запремина воде која се троши унутар постројења?	m <sup>3</sup>	1.031,0	981,0	1.120,0
			161,4	200,8	188,2
<b>Одељак А7) радна продуктивност (радни сати/ тона добрих одливака)</b>	<i>Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) Укупан број радних сати (изузимајући радне сате менаџера и супервизора) подељен са тонажом нето добро произведених одливака Како би се сакупили упоредиви подаци, бројање радника ће се обавити за следећа одељења</i>	h/t			
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>		
A7.1	Укупан број запосленог особља	особа	160	155	161
<b>Одељак А7) Радна продуктивност (радни сати / тона добрих одливака)</b>					
A7.2	Који је укупан број радних сати? Подељен на доња одељења?	сати	288.000,0	279.000,0	289.000,0
A7.3	Који је број менаџерског особља?	особа	7	6	6

**Одељак Б1) Подаци који се односе на могућност поређења ливница и који се односе на BSC перспективе**

**Б1.1** Финансијске перспективе (подаци из биланса стања и биланса успеха)

**Б1.2** Перспективе односа са купцем

Степен задовољства купца на свим нивоа сарадње мерено индикатором задовољства купца

Квалитет производа

%

Рекламације/Процент враћених одливака од купца

Испорука у року (% испорука у року)

Перспектива интерних процеса

**Б1.3** Интерни процеси ( део података чине индикатори из одељка А)

Процент обучених радника

Индикатор заштите животне средине

Сертификати система менаџмента означите са "X"

Сертификат EMAS

IPPC дозвола

**Б1.4** Перспектива учења и раста

Ниво технологије

означите са "X"

Приврженост предузећу

(Процент одлазака из предузећа)

Ниво примене информационих система

(Постоји ли властити информациони систем?)

(Користе ли се комерцијални софтвери и у којим процесима?)

Ниво знања (удео квалификованих радника свих структура у укупном броју запослених)

Посматрани периоди

2009.год.	2010.год.	2011.год.
-----------	-----------	-----------

ROA	EBITDA	ROL	KOOoS	KOObS	Solventmost
0	0	0,35	1,16	0,63	0,54

76,0	75,00	77,00
63,0	64,0	62,0

3,0	3,0	3,0
89	90	88

100%	100%	100%
33,3%	33,3%	33,3%
ISO 9001	ISO 14001	OHSAS 18001
X	X	X
Нема		
Нема		

	Ручно	Полуаутоматско	Аутоматско
		X	
	2,0	2,0	2,0
	X	X	X
	X (Продаја, набавка)	X(пројектовање)	X (магазин)
	65	65	65

Упитник  
за  
одређивање стандарда  
кључних индикатора перформанси пословања  
у  
ливницама

ИМЕ И ПРЕЗИМЕ АНКЕТИРАНОГ: Грубеша Недељко  
ФУНКЦИЈА: Генерални директор  
НАЗИВ ДРУШТВА: Ливница а.д. Радијатор Зрењанин  
МЕСТО: Зрењанин  
Телефон: 023 542014

## Сврха упитника о кључним индикаторима перформанси

Овај „Упитник о кључним индикаторима перформанси” намењен је изради докторске дисертације под насловом „Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства”, кандидата Александра Јовичића.

Упитник садржи два одељка о подацима:

- Одељак А) Питања која су значајна за прикупљање података који су неопходни за израчунавање *KPI* о ресурсној ефикасности у ливници  
- Одељак Б) Питања која су значајна за прикупљање података ради омогућавања поређења *KPI* у истим ливницама, података о поседовању сертификата система менаџмента, *EMAS* сертификата, *IPPC* дозволе као и података који се односе на *BSC* перспективе и то:

- финансијске перспективе,
- перспективе односа према купцима,
- перспективе интерних пословних процеса у организацији и
- перспективе учења и раста.

## Поверљивост

Александар Јовичић гарантује да ће индивидуални подаци које ваша компанија обезбеди бити третирани као поверљиви и неће бити откривани трећим странама. Питања и подаци који ће бити сакупљени су ограничени толико да омогућавају калкулацију *KPI* о ресурсној ефикасности и не обухватају осетљиве економско-финансијске информације.

**Упитник ће бити достављен на доле назначену адресу:**

Александар Јовичић  
Чеде Васовића бб, 32230 Гуча,  
[aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com)

Уколико имате питања о испуњавању овог упитника или вам је потребно појашњење, молимо вас да се обратите Александру Јовичићу на адресу: [aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com) или на тел. 069710285.

**A) Одређивање стандарда-KPI**

Посматрани период

Попуните засебне упитнике за свако калупно постројење

Назначите бројеве који су претпоставка, а не измерене вредности

Посматрани периоди

2009.год.	2010.год.	2011.год.
Постројење назив. Ливница Радијатор а.д. Зрењанин		

**Одељак А1: Процесни принос (%)**

		Посматрани периоди		
		2009.год.	2010.год.	2011.год.
		Постројење назив. Ливница Радијатор а.д. Зрењанин		
		израчунаће/верификовати А1		
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<b><u>А1.1</u></b>	<b><u>Губитак при топљењу</u></b>	%		
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)		7,0		
		7,0		
		7,0		
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<i>Материјал који се губи током топљења (или оксидацијом или инкорпорирањем шљаке) изражен као проценат металног материјала унетог у топилоне пећи</i>				
А1.1.1	Која је укупна тежина металних материјала унетих у пећ?	15.759	18.696	24.770
А1.1.2	Која је укупна тежина течног материјала присутног из пећи?	14.655,70	17.387,30	23.036,10
<b><u>А1.2</u></b>	<b><u>Чишћење и просипање</u></b>	%		
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)		2,0		
		2,0		
		2,0		
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<i>Тежина течног метала који се пресипа из пећи а који се не сипа у калупе изражена као проценат присутног метала</i>				
А1.2.1	Која је укупна количина течног метала који се сипа у калупе?	14.362,60	17.039,60	22.575,40
<b><u>А1.3</u></b>	<b><u>Хранитељи и уливни системи (принос из калупа)</u></b>	%		
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)		25,0		
		25,0		
		25,0		
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<i>Тежина течног метала сипаног у калуп који не формира одливак изражена као проценат течног метала сипаног у тај калуп.</i>				
А1.3.1	Која је укупна тежина бруто произведених одливака?	10.772,10	12.779,70	16.931,50
<b><u>А1.4</u></b>	<b><u>Отпатци и шкарт</u></b>	%		
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)		5,0		
		5,5		
		8,0		
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<i>Тежина отпадних одливака (укључујући повраћај од стране клијента) изражена као проценат тежине бруто произведених одливака.</i>				
А1.4.1	Која је укупна тежина интерно отпадних одливака?	538,6	702,8	1.354,50
А1.4.2	Која је укупна тежина одливака одбачених или враћених од стране клијента (можда ливнице поседују машинску радионицу)?	131,5	91,0	77,8

**Одељак А2: OEE - Ефикасна производња(%)**

		израчунаће/верификовати АЈ			
		За калкулацију видети тачку 4.3.2			
<b>A2.1</b>	<b>Време отказа</b> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  <i>Време током којег калупно постројење не ради услед кварова или оперативних разлога изражено као проценат укупно доступног времена за производњу, (често називано нето оперативно време).</i>	%	12,5%	4,2%	4,2%
		За калкулацију видети тачку 4.3.2			
A2.1.1	Који је укупан број сати током којих калупно постројење треба да ради (пуна година)?	сати	5.760	5.760	5.760
A2.1.2	Који је укупан број сати током којих је калупно постројење стварно радило (пуна година)?	сати	5.040	5.520	5.520
<b>A2.2</b>	<b>Спори проток</b> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  <i>Производно време које је изгубљено јер је калупно постројење радило при брзини испод дизајнираног капацитета или израчунатог производа израженог као еквивалентни проценат нето оперативног времена</i>	%	7,8	7,1	8,4
		За калкулацију видети тачку 4.3.2			
A2.2.1	Који је дизајнирани капацитет (калупне линије)или израчунати производ (ручно калупљење) калупног постројења по сату?	калупи	280 k/h	280 k/h	280 k/h
A2.2.2	Који је укупан број произведених калупа за сваки посматрани период (пуна година)?	калупи	1.301.200	1.435.600,0	1.415.200,0
<b>A2.3</b>	<b>Лоши калупи</b> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  <i>Број произведених калупа који нису сипани изражен као проценат укупног броја произведених калупа</i>	%	4,0	7,0	5,0
		За калкулацију видети тачку 4.3.2			
A2.3.1	За горњу ставку 2.2.2 који је број произведених добрих калупа?	калупи	1.249.152,0	1.335.108,0	1.344.440,0
A2.3.2	Који је број произведених “лоших” и “несипаних” калупа?	калупи	52.048	100.492	70.760
<b>A2.4</b>	<b>Отпатци и шкарт</b> видети горњу ставку 1.4	%	5,0	5,5	8,0
		За калкулацију видети тачку 4.3.2			



		израчунаће/верификовати AJ		
<b>Одељак А3: ТЕЕР - Укупна ефикасна перформанса опреме(%)</b>		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	%			
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)				
Укупна ефикасна производња по години изражена као проценат укупног капацитета постројења уколико оно ради 24 часа дневно, 365 дана годишње				
Сви неопходни параметри су сакупљени у Сектору 2.				
<b>Одељак А4: потрошња енергије</b>				
<b>A4.1</b>	<b>Ефикасност при топљењу (kWh по отопљеној тони)</b>			
Потрошња енергије подељена са тонажом металног материјала унетог у пећи				
СИВИ ЛИВ И ЛЕГУРЕ ГВОЖЂА				
		570,9	572,6	570,0
<b>A4.1a</b>	<b>Ефикасност електричног топљења (kWh по отопљеној тони)</b>	За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	kWh/t			
ИЗМЕРЕНИ				
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)				
Потрошња струје пећи (kWh) подељена са тонажом металног материјала унетог у пећ				
<b>A4.1.1</b>	Која је kWh потрошња топioniчког постројења (пећи) током посматраног периода?	8.996.813,10	10.507.329,6	14.118.900,0
	kWh			
		708,00	710,00	706,00
<b>A4.2</b>	<b>Укупна потрошња енергије (kWh / тона добрих одливака)</b>	За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	kWh/t			
ПРОЦЕНА				
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)				
Укупна потрошња енергије(kWh) у одељењима ливнице подељена са тонажом нето произведених добрих одливака (бројке за ливничко постројење, изузимајући монтажу и обраду)				
<b>A4.2.1</b>	Која је укупна kWh потрошња постројења током посматраног периода?	7.152.000,00	8.510.000,00	11.000.000,00
	kWh			
<b>A4.2.2</b>	Која је укупна потрошња гаса постројења током посматраног периода?	/	/	/
	kWh			
<b>A4.2.3</b>	Уколико је применљиво, која је потрошња ложивог уља постројења током посматраног периода?	/	/	/
	kWh			
<b>Одељак А5) Потрошња песка</b>				
<b>A5.1</b>	<b>Потрошња новог песка (тона песка / тона добрих одливака)</b>			
	т песка/	0,31	0,35	0,34
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)				
Тежина новог (свежег) употребљеног песка подељена тонажом нето произведених добрих одливака. Овај индикатор укључује песок за калуљење, као и песак за прављење језгра.				
<b>A5.1.1</b>	Која је тежина новог песка купљеног током посматраног периода?	165,0	165,0	165,0
	тона			
<b>A5.1.2</b>	Колико је песка из 5.1.1 потребно за прављење језгра?	3.150,0	4.200,0	5.250,0
	%			
<b>A5.1.3</b>	Уз 5.1.1, да ли ливница користи већ коришћени песак од језгара ?	/	/	/
	тона			
	Уколико користи, колико?			

A5.1.4	Уз 5.1.2, да ли ливница користи већ припремљена језгра? Уколико користи, која је тонажа?	тона	/	/	/
<b>A5.2</b>	<b>Стопа регенерације песка (%)</b> <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>				
A5.2a	Постројење за припрему бентонитне мешавине - стопа регенерације песка Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>	%	89,3	93,8	95,3
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>		
A5.2.1	Која је укупна тежина језгара додатих у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.2	Која је укупна тежина новог песка додатог у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.3	Која је укупна тежина бентонитне мешавине припремљене за калупно постројење током посматраног периода?	тона			
			0,63	0,65	0,5
<b>Одељак А6) Потрошња воде (m<sup>3</sup>/тона добрих одливака)</b>		m <sup>3</sup> /t			
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) <i>Укупна запремина воде подељена са тонажом нето произведених добрих одливака</i>				
A6.1	Која је укупна запремина воде која се троши унутар постројења?	m <sup>3</sup>	6.364,0	7.790,0	7.750,0
			73,1	86,6	90,8
<b>Одељак А7) Радна продуктивност (радни сати/ тона добрих одливака)</b>		h/t			
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) <i>Укупан број радних сати (изузимајући радне сате менаџера и супервизора) подељен са тонажом нето добро произведених одливака</i> Како би се сакупили упоредиви подаци, бројање радника ће се обавити за следећа одељења				
A7.1	Укупан број запосленог особља	особа	245	344	456
<b>Одељак А7) Радна продуктивност (радни сати / тона добрих одливака)</b>					
A7.2	Који је укупан број радних сати? Подељен на доња одељења?	сати	739.200,0	1.038.240,0	1.407.840,0
A7.3	Који је број менаџерског особља?	особа	25	35	37

**Одељак Б1) Подаци који се односе на могућност поређења ливница и који се односе на BSC перспективе**

**Б1.1** Финансијске перспективе (подаци из биланса стања и биланса успеха)

**Б1.2** Перспективе односа са купцем

Степен задовољства купца на свим нивоа сарадње мерено индикатором задовољства купца

Квалитет производа

Рекламације/Процент враћених одливака од купца

Испорука у року (% испорука у року)

Перспектива интерних процеса

**Б1.3** Интерни процеси ( део података чине индикатори из одељка А)

Процент обучених радника

Индикатор заштите животне средине

Сертификати система менаџмента означите са "X"

Сертификат EMAS

IPPC дозвола

**Б1.4** Перспектива учења и раста

Ниво технологије

Приврженост предузећу

(Процент одлазака из предузећа)

Ниво примене информационих система

(Постоји ли властити информациони систем?)

(Користе ли се комерцијални софтвери и у којим процесима?)

Ниво знања (удео квалификованих радника свих структура у укупном броју запослених)

Посматрани периоди

2009.год.	2010.год.	2011.год.
-----------	-----------	-----------

ROA	EBITDA	ROL	KOoSS	KOObS	Solventnost
1,8	3,43	1,78	1,04	2,1	1,0

82,0	82,00	82,00
74,0	74,0	74,0

1,2	1,4	1,3
94	94	94

100%	100%	100%
33,3%	33,3%	33,3%
ISO 9001	ISO 14001	OHSAS 18001
X	X	X
Нема		
Нема		

Ручно	Полуаутоматско X	Аутоматско
2,0	2,0	2,0
X	X	X
X (Продаја, набавка)	X(пројектовање)	X (магацин)
75	75	75

означите са "X"

Упитник  
за  
одређивање стандарда  
кључних индикатора перформанси пословања  
у  
ливницама

ИМЕ И ПРЕЗИМЕ АНКЕТИРАНОГ: Матић Јелена  
ФУНКЦИЈА: Технички директор  
НАЗИВ ДРУШТВА: Ливница Копекс „МИН –лив“ Ниш  
МЕСТО: Ниш  
Телефон: 069 580 8001

## Сврха упитника о кључним индикаторима перформанси

Овај „Упитник о кључним индикаторима перформанси” намењен је изради докторске дисертације под насловом „Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства”, кандидата Александра Јовичића.

Упитник садржи два одељка о подацима:

- Одељак А) Питања која су значајна за прикупљање података који су неопходни за израчунавање *KPI* о ресурсној ефикасности у ливници  
- Одељак Б) Питања која су значајна за прикупљање података ради омогућавања поређења *KPI* у истим ливницама, података о поседовању сертификата система менаџмента, *EMAS* сертификата, *IPPC* дозволе као и података који се односе на *BSC* перспективе и то:

- финансијске перспективе,
- перспективе односа према купцима,
- перспективе интерних пословних процеса у организацији и
- перспективе учења и раста.

## Поверљивост

Александар Јовичић гарантује да ће индивидуални подаци које ваша компанија обезбеди бити третирани као поверљиви и неће бити откривани трећим странама. Питања и подаци који ће бити сакупљени су ограничени толико да омогућавају калкулацију *KPI* о ресурсној ефикасности и не обухватају осетљиве економско-финансијске информације.

**Упитник ће бити достављен на доле назначену адресу:**

Александар Јовичић  
Чеде Васовића бб, 32230 Гуча,  
[aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com)

Уколико имате питања о испуњавању овог упитника или вам је потребно појашњење, молимо вас да се обратите Александру Јовичићу на адресу: [aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com) или на тел. 069710285.

**А) Одређивање стандарда-KPI**

Посматрани период

Попуните засебне упитнике за свако калупно постројење

Назначите бројеве који су претпоставка, а не измерене вредности

Посматрани периоди

2009.год.	2010.год.	2011.год.
Постројење назив. Ливница Копекс „МИН –лив“ Ниш		

**Одељак А1: Процесни принос (%)****А1.1 Губитак при топљењу**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

*Материјал који се губи током топљења (или оксидацијом или инкорпорирањем шљаке) изражен као проценат металног материјала унетог у топилоне пећи*

А1.1.1 Која је укупна тежина металних материјала унетих у пећ?

А1.1.2 Која је укупна тежина течног материјала присутног из пећи?

**А1.2 Чишћење и просипање**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

*Тежина течног метала који се пресипа из пећи а који се не сипа у калупе изражена као проценат присутног метала*

А1.2.1 Која је укупна количина течног метала који се сипа у калупе?

**А1.3 Хранитељи и уливни системи (принос из калупа)**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

*Тежина течног метала сипаног у калуп који не формира одливак изражена као проценат течног метала сипаног у тај калуп.*

А1.3.1 Која је укупна тежина бруто произведених одливака?

**А1.4 Отпадци и шкарт**

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

*Тежина отпадних одливака (укључујући повраћај од стране клијента) изражена као проценат тежине бруто произведених одливака.*

А1.4.1 Која је укупна тежина интерно отпадних одливака?

А1.4.2 Која је укупна тежина одливака одбачених или враћених од стране клијента (можда ливнице поседују машинску радионицу)?

		Посматрани периоди		
		2009.год.	2010.год.	2011.год.
	%	израчунаће/верификовати АЈ		
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	%	5,0	5,0	5,0
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	тона	1.000,0	1.800,0	2.100,0
	тона	9.500,0	1.710,0	1.994,5
	%	7,0	8,0	9,0
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	тона	883,5	1.537,2	1.815,0
	%	35,0	35,0	35,0
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	тона	574,3	1.022,6	1.179,8
	%	5,0	4,5	3,9
		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	тона	28,7	46,0	46,0
	тона	5,4	9,7	11,3

**Одељак А2: OEE - Ефикасна производња(%)**

		%	израчунаће/верификовати АЈ		
			За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<b>A2.1</b>	<b>Време отказа</b>	%	64,8%	29,6%	22,8%
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)			За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<i>Време током којег калупно постројење не ради услед кварова или оперативних разлога изражено као проценат укупно доступног времена за производњу, (често називано нето оперативно време).</i>					
A2.1.1	Који је укупан број сати током којих калупно постројење треба да ради (пуна година)?	сати	3.840	3.840	3.840
A2.1.2	Који је укупан број сати током којих је калупно постројење стварно радило (пуна година)?	сати	1.352	2.704	2.964
<b>A2.2</b>	<b>Спори проток</b>	%	8,1	11,2	17,9
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)			За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<i>Производно време које је изгубљено јер је калупно постројење радило при брзини испод дизајнираног капацитета или израчунатог производа израженог као еквивалентни проценат нето оперативног времена</i>					
A2.2.1	Који је дизајнирани капацитет (калупне линије)или израчунати производ (ручно калупљење) калупног постројења по сату?	калупи	10 k/h	10 k/h	10 k/h
A2.2.2	Који је укупан број произведених калупа за сваки посматрани период (пуна година)?	калупи	12.420	23.020	24.340
<b>A2.3</b>	<b>Лоши калупи</b>	%	5,0	4,5	3,9
Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)			За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<i>Број произведених калупа који нису сипани изражен као проценат укупног броја произведених калупа</i>					
A2.3.1	За горњу ставку 2.2.2 који је број произведених добрих калупа?	калупи	11.799	21.984	23.391
A2.3.2	Који је број произведених “лоших” и “несипаних” калупа?	калупи	621,0	1.036,0	949,0
<b>A2.4</b>	<b>Отпатци и шкарт</b>	%	5,0	4,5	3,9
видети горњу ставку 1.4			За калкулацију видети тачку 4.3.2		

**Одељак А3: ТЕЕР - Укупна ефикасна перформанса опреме(%)**

%

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  
 Укупна ефикасна производња по години изражена као проценат  
 укупног капацитета постројења уколико оно ради 24 часа дневно,  
 365 дана годишње  
 Сви неопходни параметри су сакупљени у Сектору 2.

**Одељак А4: потрошња енергије****А4.1 Ефикасност при топљењу (кWh по отопљеној тони)**

Потрошња енергије подељена са тонажом металног материјала  
 унетог у пећи

СИВИ ЛИВ И ЛЕГУРЕ ГВОЖЂА

**А4.1а Ефикасност електричног топљења (кWh по отопљеној тони)  
ИЗМЕРЕНИ**

кWh/t

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Потрошња струје пећи (кWh) подељена са тонажом металног  
 материјала унетог у пећ

А4.1.1 Која је кWh потрошња топионичког постројења (пећи) током  
 посматраног периода?

кWh

**А4.2 Укупна потрошња енергије (кWh / тона добрих одливака)  
ПРОЦЕНА**

кWh/t

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Укупна потрошња енергије(кWh) у одељењима ливнице подељена  
 са тонажом нето произведених добрих одливака  
 (бројке за ливничко постројење, изузимајући монтажу и обраду)

А4.2.1 Која је укупна кWh потрошња постројења  
 током посматраног периода?

кWh

А4.2.2 Која је укупна потрошња гаса постројења  
 током посматраног периода?

кWh

А4.2.3 Уколико је применљиво, која је потрошња ложивог уља  
 постројења током посматраног периода?

кWh

**Одељак А5) Потрошња песка****А5.1 Потрошња новог песка (тона песка / тона добрих одливака)**

т песка/

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Тежина новог (свежег) употребљеног песка подељена тонажом  
 нето произведених добрих одливака. Овај индикатор укључује  
 песак за калупљење, као и песак за прављење језгра.

т добрих  
одливака

А5.1.1 Која је тежина новог песка купљеног током посматраног периода?

тона

А5.1.2 Колико је песка из 5.1.1 потребно за прављење језгра?

%

	израчунаће/верификовати АЈ		
		За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	750,0	700,0	800,0
		За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	750.000,0	1.260.000,0	1.680.000,0
		За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	930,0	868,0	992,0
		За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	502.386,0	839.269,2	1.113.420,8
	/	/	/
	/	/	/
		За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	3,1	2,0	2,1
		За калкулацију видети тачку 4.3.2	
	1.700,0	2.000,0	2.400,0
	/	/	/



A5.1.3	Уз 5.1.1, да ли ливница користи већ коришћени песак од језгара ? Уколико користи, колико?	тона	/	/	/
A5.1.4	Уз 5.1.2, да ли ливница користи већ припремљена језгра? Уколико користи, која је тонажа?	тона	/	/	/
<b>A5.2</b>	<b>Стопа регенерације песка (%)</b> <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>				
<b>A5.2a</b>	<b>Постројење за припрему бентонитне мешавине - стопа регенерације песка</b> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>	%	0,0	0,0	0,0
A5.2.1	Која је укупна тежина језгара додатих у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.2	Која је укупна тежина новог песка додатог у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.3	Која је укупна тежина бентонитне мешавине припремљене за калупно постројење током посматраног периода?	тона			
			2,5	3,1	3,0
<b>Одељак А6) Потрошња воде (m<sup>3</sup>/тона добрих одливака)</b>	<i>Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) Укупна запремина воде подељена са тонажом нето произведених добрих одливака</i>	m <sup>3</sup> /t			
A6.1	Која је укупна запремина воде која се троши унутар постројења?	m <sup>3</sup>	1.351,0	2.997,0	3.367,0
			170,6	111,2	141,9
<b>Одељак А7) радна продуктивност (радни сати/ тона добрих одливака)</b>	<i>Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) Укупан број радних сати (изузимајући радне сате менаџера и супервизора) подељен са тонажом нето добро произведених одливака Како би се сакупили упоредиви подаци, бројање радника ће се обавити за следећа одељења</i>	h/t			
A7.1	Укупан број запосленог особља	особа	52	60	87
<b>Одељак А7) Радна продуктивност (радни сати / тона добрих одливака)</b>					
A7.2	Који је укупан број радних сати? Подељен на доња одељења?	сати	92.160,0	107.520,0	159.360,0
A7.3	Који је број менаџерског особља?	особа	4	4	4



Упитник  
за  
одређивање стандарда  
кључних индикатора перформанси пословања  
у  
ливницама

ИМЕ И ПРЕЗИМЕ АНКЕТИРАНОГ: Кун Золтан  
ФУНКЦИЈА: Извршни директор  
НАЗИВ ДРУШТВА: Сimos Ливница Кикинда а.д.  
МЕСТО: Кикинда  
Телефон: 0230 422 860

## Сврха упитника о кључним индикаторима перформанси

Овај „Упитник о кључним индикаторима перформанси” намењен је изради докторске дисертације под насловом „Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства”, кандидата Александра Јовичића.

Упитник садржи два одељка о подацима:

- Одељак А) Питања која су значајна за прикупљање података који су неопходни за израчунавање *KPI* о ресурсној ефикасности у ливници  
- Одељак Б) Питања која су значајна за прикупљање података ради омогућавања поређења *KPI* у истим ливницама, података о поседовању сертификата система менаџмента, *EMAS* сертификата, *IPPC* дозволе као и података који се односе на *BSC* перспективе и то:

- финансијске перспективе,
- перспективе односа према купцима,
- перспективе интерних пословних процеса у организацији и
- перспективе учења и раста.

## Поверљивост

Александар Јовичић гарантује да ће индивидуални подаци које ваша компанија обезбеди бити третирани као поверљиви и неће бити откривани трећим странама. Питања и подаци који ће бити сакупљени су ограничени толико да омогућавају калкулацију *KPI* о ресурсној ефикасности и не обухватају осетљиве економско-финансијске информације.

**Упитник ће бити достављен на доле назначену адресу:**

Александар Јовичић  
Чеде Васовића бб, 32230 Гуча,  
[aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com)

Уколико имате питања о испуњавању овог упитника или вам је потребно појашњење, молимо вас да се обратите Александру Јовичићу на адресу: [aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com) или на тел. 069710285.

**A) Одређивање стандарда-KPI**

Посматрани период

Попуните засебне упитнике за свако калупно постројење

Назначите бројеве који су претпоставка, а не измерене вредности

Посматрани периоди

2009.год.	2010.год.	2011.год.
Постројење назив. Сimos Ливница Кикинда а.д.		

**Одељак А1: Процесни принос (%)**

		%	израчунаће/верификовати А1		
			За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<b><u>А1.1</u></b>	<b><u>Губитак при топљењу</u></b>	%	3,0		
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	<i>Материјал који се губи током топљења (или оксидацијом или инкорпорирањем шљаке) изражен као проценат металног материјала унетог у топилоне пећи</i>				
А1.1.1	Која је укупна тежина металних материјала унетих у пећ?	тона	5.617,0	8.535,0	10.395,0
А1.1.2	Која је укупна тежина течног материјала присутног из пећи?	тона	5.448,5	8.270,9	10.083,2
<b><u>А1.2</u></b>	<b><u>Чишћење и просипање</u></b>	%	3,0		
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	<i>Тежина течног метала који се пресипа из пећи а који се не сипа у калупе изражена као проценат присутног метала</i>				
А1.2.1	Која је укупна количина течног метала који се сипа у калупе?	тона	5.285,00	8.030,5	9.780,7
<b><u>А1.3</u></b>	<b><u>Хранитељи и уливни системи (принос из калупа)</u></b>	%	30,0		
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	<i>Тежина течног метала сипаног у калуп који не формира одливак изражена као проценат течног метала сипаног у тај калуп.</i>				
А1.3.1	Која је укупна тежина бруто произведених одливака?	тона	3.650,5	5.546,8	6.755,8
<b><u>А1.4</u></b>	<b><u>Отпадци и шкарт</u></b>	%	8,51		
	Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)		За калкулацију видети тачку 4.3.2		
	<i>Тежина отпадних одливака (укључујући повраћај од стране клијента) изражена као проценат тежине бруто произведених одливака.</i>				
А1.4.1	Која је укупна тежина интерно отпадних одливака?	тона	310,6	680,6	1.068,7
А1.4.2	Која је укупна тежина одливака одбачених или враћених од стране клијента (можда ливнице поседују машинску радионицу)?	тона	55,2	297,8	471,5

**Одељак А2: OEE - Ефикасна производња(%)**

		%	израчунаће/верификовати АЈ		
			За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<u>A2.1</u>	<u>Време отказа</u> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)	%	63,4%	56,6%	44,0%
			За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<i>Време током којег калупно постројење не ради услед кварова или оперативних разлога изражено као проценат укупно доступног времена за производњу, (често називано нето оперативно време).</i>					
A2.1.1	Који је укупан број сати током којих калупно постројење треба да ради (пуна година)?	сати	3.840	3.840	3.840
A2.1.2	Који је укупан број сати током којих је калупно постројење стварно радило (пуна година)?	сати	1.405	1.664	2.150
<u>A2.2</u>	<u>Спори проток</u> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)	%	65,4	60,7	50,1
			За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<i>Производно време које је изгубљено јер је калупно постројење радило при брзини испод дизајнираног капацитета или израчунатог производа израженог као еквивалентни проценат нето оперативног времена</i>					
A2.2.1	Који је дизајнирани капацитет (калупне линије)или израчунати производ (ручно калупљење) калупног постројења по сату?	калупи	171 k/h	171 k/h	171 k/h
A2.2.2	Који је укупан број произведених калупа за сваки посматрани период (пуна година)?	калупи	227.200	257.786	327.640
<u>A2.3</u>	<u>Лоши калупи</u> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)	%	1,9	4,0	4,1
			За калкулацију видети тачку 4.3.2		
<i>Број произведених калупа који нису сипани изражен као проценат укупног броја произведених калупа</i>					
A2.3.1	За горњу ставку 2.2.2 који је број произведених добрих калупа?	калупи	228.883	247.732	314.207
A2.3.2	Који је број произведених “лоших” и “несипаних” калупа?	калупи	4.317	10.054	13.433
<u>A2.4</u>	<u>Отпатци и шкарт</u> видети горњу ставку 1.4	%	8,51	12,27	15,82
			За калкулацију видети тачку 4.3.2		

**Одељак А3: ТЕЕР - Укупна ефикасна перформанса опреме(%)**

%

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)  
 Укупна ефикасна производња по години изражена као проценат  
 укупног капацитета постројења уколико оно ради 24 часа дневно,  
 365 дана годишње  
 Сви неопходни параметри су сакупљени у Сектору 2.

израчунаће/верификовати  
АЈЗа калкулацију видети  
тачку 4.3.2**Одељак А4: потрошња енергије****А4.1 Ефикасност при топљењу (кWh по отопљеној тони)**

Потрошња енергије подељена са тонажом металног материјала  
 унетог у пећи

СИВИ ЛИВ И ЛЕГУРЕ ГВОЖЂА

**А4.1а Ефикасност електричног топљења (кWh по отопљеној тони)  
ИЗМЕРЕНИ**

кWh/t

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Потрошња струје пећи (кWh) подељена са тонажом металног  
 материјала унетог у пећ

А4.1.1 Која је кWh потрошња топионочког постројења (пећи) током  
 посматраног периода?

кWh

994,1

971,4

857,8

За калкулацију видети  
тачку 4.3.2

5.584.158,0

8.291.087,0

8.917.280,0

1.234,8

1.270,4

1.196,8

За калкулацију видети  
тачку 4.3.2**А4.2 Укупна потрошња енергије (кWh / тона добрих одливака)  
ПРОЦЕНА**

кWh/t

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Укупна потрошња енергије(кWh) у одељењима ливнице подељена  
 са тонажом нето произведених добрих одливака  
 (бројке за ливничко постројење, изузимајући монтажу и обраду)

А4.2.1 Која је укупна кWh потрошња постројења  
 током посматраног периода?

кWh

/

/

/

А4.2.2 Која је укупна потрошња гаса постројења  
 током посматраног периода?

кWh

/

/

/

А4.2.3 Уколико је применљиво, која је потрошња ложивог уља  
 постројења током посматраног периода?

кWh

**Одељак А5) Потрошња песка****А5.1 Потрошња новог песка (тона песка / тона добрих одливака)**т песка/  
т добрих  
одливака

Количник (биће израчунат из базе прикупљених података)

Тежина новог (свежег) употребљеног песка подељена тонажом  
 нето произведених добрих одливака. Овај индикатор укључује  
 песак за калупљење, као и песак за прављење језгра.

А5.1.1 Која је тежина новог песка купљеног током посматраног периода?

тона

2.156,0

4.809,0

7.193,0

А5.1.2 Колико је песка из 5.1.1 потребно за прављење језгра?

%

/

/

/

За калкулацију видети  
тачку 4.3.2

0,7

1,05

1,4

A5.1.3	Уз 5.1.1, да ли ливница користи већ коришћени песак од језгара ? Уколико користи, колико?	тона	/	/	/
A5.1.4	Уз 5.1.2, да ли ливница користи већ припремљена језгра? Уколико користи, која је тонажа?	тона	/	/	/
<b>A5.2</b>	<b>Стопа регенерације песка (%)</b> <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>				
<b>A5.2a</b>	<b>Постројење за припрему бентонитне мешавине - стопа регенерације песка</b> Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) <i>Процент песка који се поново употребљава у сваком калупном циклусу</i>	%	89,5	89,5	89,5
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>		
A5.2.1	Која је укупна тежина језгара додатих у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.2	Која је укупна тежина новог песка додатог у постројење за припрему бентонитне мешавине?	тона			
A5.2.3	Која је укупна тежина бентонитне мешавине припремљене за калупно постројење током посматраног периода?	тона			
			5,5	35,0	46,9
<b>Одељак А6) Потрошња воде (m<sup>3</sup>/тона добрих одливака)</b>	<i>Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) Укупна запремина воде подељена са тонажом нето произведених добрих одливака</i>	m <sup>3</sup> /t			
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>		
A6.1	Која је укупна запремина воде која се троши унутар постројења?	m <sup>3</sup>	17.332,0	160.060,0	244.624,0
<b>Одељак А7) радна продуктивност (радни сати/ тона добрих одливака)</b>	<i>Количник (биће израчунат из базе прикупљених података) Укупан број радних сати (изузимајући радне сате менаџера и супервизора) подељен са тонажом нето добро произведених одливака Како би се сакупили упоредиви подаци, бројање радника ће се обавити за следећа одељења</i>	h/t			
			<i>За калкулацију видети тачку 4.3.2</i>		
A7.1	Укупан број запосленог особља	особа	143	210	167
<b>Одељак А7) Радна продуктивност (радни сати / тона добрих одливака)</b>					
A7.2	Који је укупан број радних сати? Подељен на доња одељења?	сати	290.000,0	428.000,0	340.000,0
A7.3	Који је број менаџерског особља?	особа	4	4	3



**Одељак Б1) Подаци који се односе на могућност поређења ливница и који се односе на BSC перспективе**

**Б1.1** Финансијске перспективе (подаци из биланса стања и биланса успеха)

**Б1.2** Перспективе односа са купцем

Степен задовољства купца на свим нивоа сарадње мерено индикатором задовољства купца

Квалитет производа

Рекламације/Процент враћених одливака од купца

Испорука у року (% испорука у року)  
Перспектива интерних процеса

**Б1.3** Интерни процеси ( део података чине индикатори из одељка А)

Процент обучених радника  
Индикатор заштите животне средине

Сертификати система менаџмента означите са "X"

Сертификат *EMAS*  
*IPPC* дозвола

**Б1.4** Перспектива учења и раста  
Ниво технологије

Приврженост предузећу

( Процент одлазака из предузећа)

Ниво примене информационих система  
(Постоји ли властити информациони систем?)

(Користе ли се комерцијални софтвери и у којим процесима?)

Ниво знања (удео квалификованих радника свих структура у укупном броју запослених)

Посматрани периоди

2009.год.	2010.год.	2011.год.
-----------	-----------	-----------

ROA	EBITDA	ROL	KOOoS	KOObS	Solventmost
0	0	1,15	0,1	0,1	0,5

82,0	82,00	82,00
65,0	63,0	64,0

5,2	5,2	5,2
90	91	89

100%	100%	100%
0,0%	0,0%	0,0%
ISO 9001	ISO 14001	OHSAS 18001
X		
Нема		
Нема		

	Ручно	Полуаутоматско	Аутоматско
		X	
	2,0	2,0	2,0
	X	X	X
	X (Продаја, набавка)	X(пројектовање)	X (магазин)
	80	80	80

означите са "X"

**Поштовани,**

Пред Вама се налази – Упитник ради одређивања кључних индикатора перформанси пословања у ливницама.

Циљ упитника је да утврди кључне индикаторе перформанси пословања ливница са акцентом на српске ливнице и њихове могућности достизања најбоље доступних техника за производне процесе и процесе рада у односу на релевантне стандарде светске класе.

Након утврђивања кључних индикатора извршиће се упоређивање (бенчмаркинг) перформанси српских ливница које су повезане са ефикасношћу ресурса са перформансама европских и руских ливница.

Циљна група за истраживање су, ливнице која послују и чије је седиште на територији Републике Србије а које имају највећи удео у укупној производњи одливака у Србији. С обзиром на претходно, резултати ће бити употребљени (кроз статистичке показатеље) искључиво у истраживачке сврхе за израду докторске дисертације „Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства“.

Молим Вас да упитник пажљиво прочитате и дате одговоре који ће што више одговарати условима ливница у којима радите и Вашим личним сазнањима, схватањима и ставовима. Са циљем да се избегну неспоразуми око одговора на предметну проблематику (и само из тог разлога!), уз питања која могу бити (из било ког разлога) нејасна, достављена су и кратка објашњења.

**Унапред Вам се захваљујем на сарадњи!**

Александар Јовичић

(студент докторских студија на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, бивши Машински факултет у Крагујевцу)

Презиме и име анкетираниог \_\_\_\_\_

Функција \_\_\_\_\_

Назив предузећа \_\_\_\_\_

Место \_\_\_\_\_

Телефон на послу \_\_\_\_\_

Молим Вас да попуњен упитник доставите, у најскорије време, повратним *e-mail*-ом на

[aleksandar.jovicic.aj@gmail.com](mailto:aleksandar.jovicic.aj@gmail.com)

односно поштом на адресу:

**Александар Јовичић**

**32230 Гуча, Чеде Васовића бб**

**за Александра Јовичића**

у зависности од тога на који начин сте контактирани или на начин како Вам је то погодно.

Уколико је потребно контакт телефон је: **032/855-782, моб. 069/710 285.**

Ваши одговори ће бити употребљени **искључиво у истраживачке сврхе!**

**Унапред Вам се захваљујем на сарадњи!**

### ПРИЛОГ 3

Ниво знања (ниво квалификација и квалификационе структуре у Индустијском комбинату Гуча а.д.)

Година	Квалификација							Σ
	ПК	КВ	ССС	ВКВ	ВС	ВСС	Др/Мр	
2005	139	142	61	21	10	14	1	388
2006	82	114	74	13	12	13	/	308
2007	81	114	74	13	14	14	/	310
2008	138	122	84	12	18	19	/	393
2009	129	132	86	12	18	19	/	396
2010	122	137	89	12	18	19	/	397
2011	126	146	90	12	22	24	/	420
2012	64	257	109	8	24	31	/	493
2013	63	225	111	8	24	35	/	466

Ниво знања (ниво квалификација и квалификационе структуре у % у Индустијском комбинату Гуча а.д.)

Година	Квалификација							Σ %
	ПК	КВ	ССС	ВКВ	ВС	ВСС	Др/Мр	
2005	35,82	36,60	15,72	5,41	2,58	3,61	0,26	100
2006	26,62	37,01	24,03	4,22	3,90	4,22	/	100
2007	26,13	36,77	23,87	4,19	4,52	4,52	/	100
2008	35,12	31,04	21,37	3,05	4,58	4,84	/	100
2009	32,58	33,33	21,72	3,03	4,54	4,80	/	100
2010	30,73	34,51	22,42	3,02	4,53	4,79	/	100
2011	30,00	34,76	21,43	2,86	5,24	5,71	/	100
2012	12,98	52,13	22,11	1,62	4,87	6,29	/	100
2013	13,52	48,28	23,82	1,72	5,15	7,51	/	100

**Ниво знања изражен као удео КВ радника (свих нивоа квалификација) у укупном броју радника:**

Удео КВ радника (2005)  $= (139+142+61+21+10+14+1)/388=64,1\%$ ;

Удео КВ радника (2006)  $= (82+114+74+13+12+13)/307=73,4\%$ ;

Удео КВ радника (2007)  $= (81+114+74+13+14+14)/310=73,8\%$ ;

Удео КВ радника (2008)  $= (138+122+84+12+18+19)/393=64,9\%$ ;

Удео КВ радника (2009)  $= (129+132+86+12+18+19)/396=67,4\%$ ;

Удео КВ радника (2010)  $= (122+137+89+12+18+19)/397=69,2\%$ ;

Удео КВ радника (2011)  $= (126+146+90+12+22+24)/420=70,0\%$ ;

Удео КВ радника (2012)  $= (64+257+109+8+24+31)/493=87,1\%$ ;

Удео КВ радника (2013)  $= (63+225+111+8+24+35)/466=86,6\%$ .