



**UNIVERZITET U BANJOJ LUCI**  
**MAŠINSKI FAKULTET**



**Zorana Tanasić   Goran Janjić   Mirko Soković**

# **NAPREDNI KONCEPTI PROIZVODNJE**



**Banja Luka, 2022**

# S A D R Ź A J

## PRVI DIO: LEAN KONCEPT

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| <b><u>1 ISTORIJSKI RAZVOJ LEAN PROIZVODNJE</u></b>                        | 1  |
| <b>1.1 DEFINISANJE POJMA LEAN</b>                                         | 1  |
| 1.1.1 Shvatanje pojma <i>lean</i>                                         | 3  |
| <b>1.2 RAZVOJ TOJOTINOG PROIZVODNOG SISTEMA</b>                           | 6  |
| 1.2.1 Fordov proizvodni sistem                                            | 6  |
| 1.2.2 Naučni menadžment i fordizam                                        | 11 |
| 1.2.3 Hronološki razvoj <i>Tojotinog proizvodnog sistema</i>              | 14 |
| 1.2.4 Osnivači <i>Tojotinog proizvodnog sistema</i>                       | 16 |
| 1.2.4.1 <i>Sakiči Tojoda (Sakichi Toyoda)</i>                             | 17 |
| 1.2.4.2 <i>Kičiro Tojoda (Kiichiro Toyoda)</i>                            | 19 |
| 1.2.4.3 <i>Eiji Tojoda (Eiji Toyoda)</i>                                  | 20 |
| 1.2.4.4 <i>Šigeo Šingo (Shigeo Shingo)</i>                                | 21 |
| 1.2.4.5 <i>Taiči Ono (Taiichi Ohno)</i>                                   | 23 |
| 1.2.5 Kriza nakon Drugog svjetskog rata                                   | 25 |
| 1.2.6 Rast <i>Tojotinog proizvodnog sistema</i>                           | 26 |
| <b>1.3 RAZVOJ LEAN PROIZVODNJE</b>                                        | 28 |
| 1.3.1 Hronološki razvoj <i>lean</i> proizvodnje                           | 28 |
| 1.3.2 Kuća <i>Tojotinog proizvodnog sistema</i> – <i>lean</i> perspektiva | 32 |
| Literatura – poglavlje 1                                                  | 35 |
| <b><u>2 LEAN PRINCIPI</u></b>                                             | 37 |
| <b>2.1 DEFINISANJE LEAN PRINCIPA</b>                                      | 37 |
| <b>2.2 VRIJEDNOST</b>                                                     | 43 |
| <b>2.3 TOK VRIJEDNOSTI</b>                                                | 45 |
| <b>2.4 TOK (PROTOČNOST)</b>                                               | 49 |
| <b>2.5 POVLAČENJE</b>                                                     | 52 |
| <b>2.6 SAVRŠENSTVO</b>                                                    | 53 |
| Literatura – poglavlje 2                                                  | 55 |
| <b><u>3 LEAN RASIPANJA</u></b>                                            | 57 |
| <b>3.1 UVOD</b>                                                           | 57 |
| <b>3.2 MUDA</b>                                                           | 58 |

|                                                    |            |
|----------------------------------------------------|------------|
| 3.2.1 Prekomjerna proizvodnja .....                | 61         |
| 3.2.2 Transport .....                              | 63         |
| 3.2.3 Čekanje .....                                | 64         |
| 3.2.4 Prekomjerna/nepotrebna obrada.....           | 66         |
| 3.2.5 Zalihe.....                                  | 68         |
| 3.2.6 Nepotrebna kretanja .....                    | 69         |
| 3.2.7 Škart .....                                  | 70         |
| 3.2.8 Neiskorišćen ljudski potencijal .....        | 71         |
| <b>3.3 MURA .....</b>                              | <b>73</b>  |
| <b>3.4 MURI.....</b>                               | <b>73</b>  |
| <b>3.5 PASIVNA I AKTIVNA RASIPANJA .....</b>       | <b>74</b>  |
| 3.5.1 Mjerenje pasivnog rasipanja .....            | 76         |
| 3.5.2 Mjerenje aktivnog rasipanja.....             | 78         |
| Literatura – poglavlje 3 .....                     | 81         |
| <b><u>4 METODE I ALATI LEAN KONCEPTA .....</u></b> | <b>83</b>  |
| <b>4.1 UVOD .....</b>                              | <b>83</b>  |
| <b>4.2 JUST IN TIME – u pravo vrijeme .....</b>    | <b>84</b>  |
| <b>4.3 JIDOKA – kvalitet na izvoru .....</b>       | <b>91</b>  |
| 4.3.1 Poka Yoke – izbjeci grešku .....             | 92         |
| 4.3.2 Andon – vizuelna kontrola .....              | 96         |
| <b>4.4 KAIZEN – kontinuirano poboljšanje.....</b>  | <b>98</b>  |
| 4.4.1 Kaizen događaj .....                         | 99         |
| 4.4.2 Gemba Kaizen .....                           | 103        |
| <b>4.5 HEIJUNKA .....</b>                          | <b>107</b> |
| <b>4.6 STANDARDIZACIJA RADA .....</b>              | <b>112</b> |
| <b>4.7 METODA 5S .....</b>                         | <b>119</b> |
| 4.7.1 Sortiranje .....                             | 123        |
| 4.7.2 Slaganje .....                               | 125        |
| 4.7.3 Sređivanje .....                             | 126        |
| 4.7.4 Standardizacija rada .....                   | 127        |
| 4.7.5 Sprovoditi (samodisciplina) .....            | 129        |
| <b>4.8 MAPIRANJE TOKA VRIJEDNOSTI – VSM .....</b>  | <b>131</b> |
| <b>4.9 KANBAN .....</b>                            | <b>138</b> |

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| <b>4.10 BRZA IZMJENA ALATA – SMED</b> .....            | 144 |
| <b>4.11 TOTALNO PRODUKTIVNO ODRŽAVANJE – TPM</b> ..... | 150 |
| Literatura – poglavlje 4 .....                         | 158 |

## **DRUGI DIO: LEAN SIX SIGMA KONCEPT**

|                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>5 LEAN SIX SIGMA KONCEPT</b> .....                                   | 161 |
| <b>5.1 OSNOVE SIX SIGMA</b> .....                                       | 162 |
| 5.1.1 Šta je Six Sigma u suštini? .....                                 | 163 |
| 5.1.2 Metrika Six Sigma .....                                           | 164 |
| <b>5.2 MODEL DMAIC</b> .....                                            | 177 |
| 5.2.1 Upotreba pristupa DMAIC za upravljanje projektima Six Sigma ..... | 183 |
| 5.2.2 Alati i tehnike metodologije Six Sigma .....                      | 186 |
| <b>5.3 PROJEKTOVANJE ZA SIX SIGMA (DFSS)</b> .....                      | 189 |
| 5.3.1 DFSS/DMADV .....                                                  | 190 |
| 5.3.2 Upotreba metodologije DFSS .....                                  | 195 |
| 5.3.3 Alati i tehnike za DFSS .....                                     | 197 |
| <b>5.4 LJUDSKI RESURSI SIX SIGMA</b> .....                              | 198 |
| 5.4.1 Obuka za Six Sigma .....                                          | 202 |
| <b>5.5 PRISTUP LEAN SIX SIGMA</b> .....                                 | 208 |
| 5.5.1 Suština Lean Six Sigma .....                                      | 212 |
| 5.5.2 Lean Six Sigma – produbljen DMAIC .....                           | 214 |
| 5.5.3 Prednosti upotreba Lean Six Sigma .....                           | 217 |
| 5.5.4 Četiri ključna elementa za uspjeh Lean Six Sigma .....            | 220 |
| 5.5.5 Alati Lean Six Sigma .....                                        | 223 |
| 5.5.6 Obuka za Lean Six Sigma .....                                     | 224 |
| 5.5.7 Matematičko modeliranje Lean Six Sigma .....                      | 226 |
| <b>5.6 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA</b> .....                                  | 229 |
| Literatura – poglavlje 5 .....                                          | 232 |

## **TREĆI DIO: AGILNA PROIZVODNJA**

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>6 AGILNA PROIZVODNJA</b> ..... | 235 |
| <b>6.1 UVOD</b> .....             | 235 |

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>6.2 AGILNOST – PRESPEKTIVA PROIZVODNJE .....</b>                               | <b>236</b> |
| <b>6.3 AGILNOST IZ PERSPEKTIVE LANCA SNABDIJEVANJA .....</b>                      | <b>239</b> |
| <b>6.4 SISTEMSKE MIŠLJENJE .....</b>                                              | <b>240</b> |
| 6.4.1 Atributi <i>agilnosti</i> sistema .....                                     | 241        |
| 6.4.2 Model <i>agilnosti</i> organizacije .....                                   | 242        |
| 6.4.3 Koncept <i>agilne</i> proizvodnje .....                                     | 244        |
| <b>6.5 RAZLIKE IZMEĐU LEAN I AGILNE PROIZVODNJE .....</b>                         | <b>248</b> |
| 6.5.1 Razlikovanje atributa <i>lean</i> i <i>agilnog</i> lanca snabdijevanja..... | 250        |
| 6.5.2 <i>Agilna</i> metodologija na području usluga .....                         | 253        |
| <b>6.6 AGILNO UPRAVLJANJE PROJEKTIMA .....</b>                                    | <b>255</b> |
| 6.6.1 Metode i prakse <i>agilnog</i> razvoja i upravljanja projektima .....       | 257        |
| 6.6.2 Metoda <i>Scrum</i> .....                                                   | 258        |
| 6.6.3 Prednosti <i>agilnog</i> razvoja .....                                      | 264        |
| <b>6.7 LEAN I AGILNO – LEAGILNO (GIPKO).....</b>                                  | <b>266</b> |
| <b>6.8 LEAN, LEAN SIX SIGMA I AGILNA PROIZVODNJA .....</b>                        | <b>271</b> |
| Literatura – poglavlje 6 .....                                                    | 276        |

## ČETVRTI DIO: MODELIRANJE I SIMULACIJA

|                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b><u>7 MODELIRANJE I SIMULACIJA .....</u></b>                              | <b>279</b> |
| <b>7.1 SISTEMI I MODELI .....</b>                                           | <b>279</b> |
| <b>7.2 METODOLOGIJA SIMULACIJE .....</b>                                    | <b>285</b> |
| <b>7.3 ELEMENTI SIMULACIJE DISKRETNIH DOGAĐAJA .....</b>                    | <b>288</b> |
| <b>7.4 ZNANJA I VJEŠTINE POTREBNE ZA MODELIRANJE I<br/>SIMULACIJU .....</b> | <b>290</b> |
| <b>7.5 ZAŠTO SIMULIRATI?.....</b>                                           | <b>291</b> |
| <b>7.6 SIMULACIJSKI JEZICI .....</b>                                        | <b>292</b> |
| <b>7.7 SIMULACIJA – STUDIJE SLUČAJA .....</b>                               | <b>296</b> |
| Literatura – poglavlje 7 .....                                              | 320        |
| <b>POJMOVNIK .....</b>                                                      | <b>321</b> |