

ISTRAŽIVANJE PRIMENE SMED ALATA U FABRICI FKL**THE RESEARCH ON THE APPLICATION OF SMED TOOL IN FKL FACTORY**Marko Vrakela, *Fakultet tehničkih nauka Novi Sad***Oblast – AUTOMATIZACIJA PROCESA RADA**

Kratak sadržaj – *Lean razmišljanje se može upotrebiti za identifikaciju i eliminaciju rasipanja u aktivnostima koje se vrše u okviru ministarstva, državne uprave, lokalne uprave, u obrazovanju, zdravstvu ili u bilo kojim drugim proizvodnim i uslužnim delatnostima. Drugim rečima Lean razmišljanje je moguće koristiti svuda gde postoji proces – u aktivnostima koje obavljaju ljudi koristeći određene resurse. Kako je Lean postao sve zastupljeniji u preduzećima i fabrikama, može se primetiti veliki industrijski napredak. Primena SMED alata je sve zastupljenija i doprinosi proizvodnoj produktivnosti i fleksibilnosti, što za rezultat ima bolju organizaciju preduzeća i veći profit. Široka primena SMED i ostalih Lean alata, u različitim granama industrije, sasvim sigurno bi pomogla daljem privrednom rastu Srbije.*

Gljučne reči: *Lean, SMED, interne aktivnosti, eksterne aktivnosti.*

Abstract – *The Lean concept can be used to identify and eliminate waste in any activity carried out within the ministry, state administration, local government, education, health care or in any other production and service activities. In other words, the Lean concept can be used wherever there is a process - in activities performed by people using certain resources. As Lean has become more prevalent in companies and factories, great industrial advances can be noticed. The application of SMED tools is increasingly represented and it contributes to productivity and flexibility of production, which results in better organization of the company and higher profits. Widespread application of SMED and other Lean tools, in diverse industry branches, would certainly help in greater economy growth in Serbia.*

Keywords: *Lean, SMED, internal setup operations, external setup operations.*

1. UVOD

Poslovno okruženje u industrijama, na globalnom i nacionalnom nivou, doživelo je značajne promene na kraju 20. i početkom 21. veka.

Aktuelni svetski privredni, ekonomski i politički trendovi, efekti promena na tržištima robe i kapitala, rast cena sirovina i energenata, redistribucija proizvodnih kapaciteta i pojava novih industrijskih sila, intezivan tehnički napredak i snažana primena novih, pre svega informacionih tehnologija, doveli su najveći broj preduzeća, a posebno onih koja se bave proizvodnjom, u situaciju da

im opstanak i budućnost zavise od mogućnosti i brzine prilagođavanja novonastaloj situaciji i uslovima [1].

Karakteristika koja odvaja uspešna od neuspešnih preduzeća jeste fleksibilnost i adaptivnost njihove poslovne strategije, odnosno spremnost da se ona menja i prilagodi okruženju. Uspešna preduzeća opisuju stalni rast proizvodnje i profita, osvajanja novih tržišta i proširivanje sfera uticaja. Nasuprot tome, postoje ona preduzeća koja stagniraju i ne iskorišćavaju svoje ljudske i materijalne kapacitete i potencijale, do te mere dok uz postepeno slabljenje potpuno ne prekinu svoje poslovanje. Svako preduzeće je u mogućnosti da odabere u koju od ove dve skupine će se svrstati.

1.1. Istorija LEAN filozofije

Lean kao termin su definisali dva profesora sa MIT univerziteta (eng. Massachusetts Institute of Technology) James P. Womack i Daniel Jones, 1996. godine u knjizi „Mašina koja je promenila svet“ (eng. The machine that changed the world).

Womack i Jones su definisali Lean kao „način da se postigne više i više sa manje i manje – manje ljudskog napora, manje opreme, manje vremena, manje potrebnog prostora – uz sve bliže i bliže dostizanje zadovoljenja zahteva kupaca“. Zatim su to izrazili kroz 5 ključnih principa [2]:

- Vrednost (Value) – razumevanje i definisanje šta kupac želi, „vrednuje/ceni“;
- Tok vrednosti (Value stream) – razumevanje i identifikovanje toka vrednosti za svaki proizvod, obezbeđivanje te vrednosti i eliminisanje elemenata koji ne dodaju vrednost; tok vrednosti kroz procese rada od utvrđivanja zahteva kupaca do njihovog ispunjenja;
- Tok (Flow) – obezbeđivanje toka tako da proizvod prođe sve procese bez zaustavljanja; eliminisati ograničenja tako da vrednost može da teče;
- Povlačenje proizvoda (Pull) – pokretanje proizvodnje samo kada postoji zahtev kupca;
- Savršenstvo (Perfection) – traganje za perfekcijom, tako da se konstantno smanjuje broj koraka, informacija i vreme potrebno za zadovoljenje kupaca.

Kaže se, što je teži uspon uz brdo, to je bolji pogled s vrha. Međutim, uz Lean to i ne mora da bude tako. Primenom Lean filozofije put do vrha ne mora ni biti toliko težak, a u „pogledu“ će se svakako uživati.

Preduzeća će primenom Lean filozofije primetiti znatan rast profita i poboljšanje poslovanja, uz smanjenje troškova upotrebe potrebnih resursa. Brzi, kvalitetni i zahtevani proizvodi će zadovoljiti svakog kupca, dok će mali troškovi proizvodnje i visok profit zadovoljiti svaku

NAPOMENA:

Ovaj rad proizašao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milovan Lazarević, red. prof.

organizaciju. Suština Lean proizvodnje nije samo u konkretnoj implementaciji Lean filozofije, već i u sveobuhvatnoj promeni svesti zaposlenih. Zaposleni će biti u mogućnosti da rade u okruženju koje im povećava samopouzdanje i omogućava rad bez stresa.

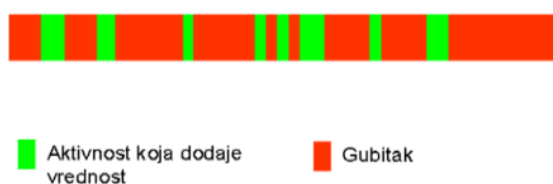
Preteča Lean filozofije je zapravo Tojotin proizvodni sistem (eng. Toyota Production System – TPS) koji je nastao početkom 50-ih godina prošlog veka i nastavio da se razvija do danas.

Primarni ciljevi TPS-a su sledeći [3]:

1. Sve što tokom proizvodnog procesa ne doprinosi vrednosti gotovog proizvoda potrebno je ukloniti iz procesa;
2. Smanjiti što je više moguće vreme ciklusa proizvodnje proizvoda i smanjiti troškove nezavršene proizvodnje, a pri tome povećati fleksibilnost sistema;
3. Ne proizvoditi proizvode za koje ne postoji kupac. Napraviti kupcu proizvod kakav on želi u što kraćem mogućem roku.

2. LEAN I ALATI

Lean se definiše kao „Sistemski pristup identifikaciji i eliminaciji rasipanja (aktivnosti koje ne dodaju vrednost), odnosno eliminacija crvene boje na dijagramu (Slika 1), kroz kontinualno poboljšanje, tako što se proizvod proizvodi nakon potražnje od strane kupca u težnji ka savršenstvu“.



Slika 1. Odnos gubitaka i aktivnosti koje dodaju vrednost [4]

Cilj Lean filozofije je eliminisanje suvišnih aktivnosti koje ne doprinose vrednosti proizvoda, primenom različitih Lean alata. U suvišne aktivnosti ubrajamo prekomernu proizvodnju, čekanja, pripremno-završno vreme, itd. Primena Lean alata pospešuje proizvodnju i samo poslovanje preduzeća na različite načine. Neki od tih načina su: organizacija, standardizacija i održavanje radnih zadataka i radnog prostora, skraćivanje vremena zastoja proizvodnje, eliminisanje grešaka i sprečavanje nastanka škarta, signalizacija i lakše uočavanje problema i automatizovanje proizvodnog pogona.

Neki od Lean alata su: 5S, Poka Yoke, Vizuelni menadžment, Jidoka i SMED (koji će u svrhu eksperimenta u nastavku biti objašnjen).

3. SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE

SMED podrazumeva tehniku brze zamene alata. Uvođenjem tehnike brze zamene alata postiže se proizvodnja različitih proizvoda u značajno kraćem vremenskom roku. SMED se uobičajno primenjuje za zamenu alata mašine koja na određeni način formira odnosno oblikuje materijal (npr. razni tipovi presa, strugova, glodalica, itd.). Suštinski, SMED tehnika podrazumeva zamenu alata pomoću drugog alata i pripremu mašine za proizvodnju narednog proizvoda, a cilj je da se ta aktivnost sprovede u vremenskom periodu od jednocifrenog broja minuta.

SMED bi u praksi mogao da se definiše kao brzi proces zamene alata i/ili smanjenje vremena pripreme i podešavanja parametara mašine. Cilj je da se u značajnoj meri smanji zastoj mašina ili gubitak vremena prilikom zamene alata.

Suština definicije procesa zamene alata može se predstaviti na sledeći način: vreme zamene počinje kada je trenutna aktivnost u proizvodnom procesu završena i smatra se da je to vreme završeno kada se iz sledeće aktivnosti u nizu u proizvodnom procesu dobije proizvod zahtevanog kvaliteta.

Primenom SMED alata postižu se niži troškovi, veća fleksibilnost i veća propusna moć proizvodnje.

SMED alatu je potrebno pristupiti u četiri faze:

1. Posmatranje i zapis - posmatrati postojeći način i trajanje aktivnosti zamene alata i izvršiti zapis kako bi se ustanovile interne i eksterne aktivnosti;
2. Razdvajanje internih i eksternih aktivnosti - analizirati i razdvojiti aktivnosti zamene alata na interne (aktivnosti koje se moraju obaviti dok je mašina zaustavljena) i eksterne (aktivnosti koje se trenutno odvijaju dok je mašina isključena, ali bi se mogle izvesti i dok radi) i ustanoviti koliko one traju;
3. Konverzija internih u eksterne aktivnosti - pretvoriti interne u eksterne aktivnosti, jer u toku internih aktivnosti mašina stoji i nastaje gubitak. Neophodno je osmisliti način na koji će se interne aktivnosti pretvoriti u eksterne poboljšavanjem metoda rada;
4. Optimizacija svih aspekata pripreme – unaprediti korake pripreme kako bi se interne i eksterne aktivnosti dodatno smanjile. Potrebno je eliminisati rasipanja u procesu zamene alata na aktivnostima spajanja i podešavanja mašina i alata, kao i drugih aktivnosti. Na kraju, standardizovati metod rada na zamenu alata.

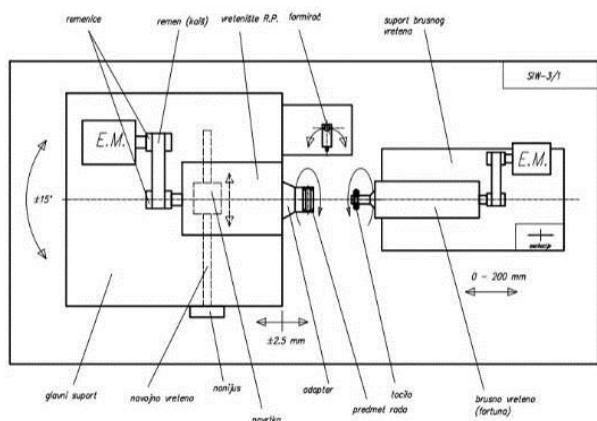
Kroz eksperiment u nastavku teksta, biće prikazana primena SMED alata kroz prethodno navedene faze.

4. EKSPERIMENT - ISTRAŽIVANJE PRIMENE SMED ALATA U FABRICI „FKL“

U fabrici FKL – „Fabrika kotrljajnih ležajeva“, uočen je problem prilikom zamene alata na SIW-3E mašini (Slika 2). Mašina vrši operaciju unutrašnjeg brušenja predmeta rada pomoću tocila. Da bi tocilo pravilno funkcionisalo, potrebno ga je profilisati (ukloniti istrošena brusna zrna i formirati njegov željeni oblik). Tocilo se profilisuje pomoću alata – **dijamantskog poravnjivača**, čija brza zamena je predstavljena u eksperimentu. Alat tu ulogu ne bi mogao da vrši bez odgovarajućeg pribora koji omogućava njegovo pozicioniranje i stezanje, a samim tim i bržu zamenu alata. Trenutna konstrukcija pribora (Slika 3) koja se nalazi na mašini je efektivna, ali nefleksibilna i ne toliko efikasna. Ovakvo razmišljanje proizilazi iz toga što alat pri ovoj konstrukciji pribora radi pravi posao, ali ne na pravi način, brzo i kvalitetno.

Trenutnu konstrukciju pribora potrebno je demontirati sa mašine kako bi se alat precizno pozicionirao po željenim koordinatama, pri čemu se i gubi sama efikasnost konstrukcije pribora. To ne samo da zahteva duže vreme zamene alata i postavljanje pribora zajedno sa alatom na mašinu, već i postoji mogućnost greške

prilikom pozicioniranja Y-ose. Pa je prema tome dobijena ideja da se konstruiše efikasniji pribor koji može omogućiti bržu zamenu alata.



Slika 2. Izgled i delovi mašine SIW-3E



Slika 3. Trenutna konstrukcija pribora

4.1. Posmatranje i zapis

Praktičnom primenom ove faze izvršeno je posmatranje zatečenog stanja, na osnovu čega su zapisane sve aktivnosti zamene alata (Tabela 1).

Tabela 1. Spisak svih aktivnosti

| Red. br. | Aktivnosti |
|--|--|
| 1. | Odlaganje obrađenog predmeta rada |
| 2. | Odlazak u skladište po pomoćni alat i pribor (osovina, etalon i imbusi) |
| 3. | Prinošenje pomoćnog alata i pribora na pomoćni radni sto |
| 4. | Čišćenje unutrašnjosti mašine od strugotine |
| 5. | Demontaža trenutne konstrukcije pribora vijkom za demontažu pribora i njeno odlaganje na pomoćni radni sto |
| 6. | Demontaža alata pomoću vijka za demontažu alata i njegovo odlaganje na pomoćni radni sto |
| 7. | Postavljanje novog alata |
| 8. | Postavljanje osovine i etalona |
| 9. | Pozicioniranje alata pomoću osovine i etalona |
| 10. | Stežanje alata |
| 11. | Odlaganje etalona i osovine na pomoćni radni sto |
| 12. | Montaža trenutne konstrukcije pribora sa zamenjenim novim alatom |
| 13. | Postavljanje novog predmeta rada i uključivanje mašine za unutrašnje brušenje |
| 14. | Odlaganje istrošenog alata u kutiju za lemljenje |
| 15. | Vraćanje pomoćnog alata i pribora u skladište |
| 16. | Čišćenje pomoćnog radnog stola |
| Ukupno vreme trajanja aktivnosti (u minutama) | 04:17.42 |

4.2. Razdvajanje internih i eksternih aktivnosti

U drugoj fazi potrebno je podeliti aktivnosti na interne i eksterne (Tabela 2).

S obzirom na to da se radi o priboru alata koji služi za obradu tocila, sve zamene i podešavanja tog pribora je neophodno obavljati onda, i samo onda, kada mašina ne radi, što bi predstavljalo interne aktivnosti. Razlog tome je prvenstveno radi sigurnosti radnika na tom radnom mestu, ali i zbog toga što te aktivnosti nije ni moguće obavljati dok mašina radi. Alat se podešava pre samog početka rada mašine, da bi tocilo nakon obrade predmeta rada prišlo alatu na sopstvenu obradu.

Sa druge strane, imamo eksterne aktivnosti koje su prikazane u narednoj tabeli (Tabela 2), a one se odvijaju trenutno dok je mašina isključena, ali bi se mogle izvesti i dok mašina radi.

Tabela 2. Podela internih i eksternih aktivnosti

| Red. br. | Interne aktivnosti | Eksterne aktivnosti |
|--|--|--|
| 1. | Odlaganje obrađenog predmeta | Odlaganje istrošenog alata u kutiju za lemljenje |
| 2. | Odlazak u skladište po pomoćni alat i pribor (osovina, etalon i imbusi) | Vraćanje pomoćnog alata i pribora u skladište |
| 3. | Prinošenje pomoćnog alata i pribora na pomoćni radni sto | Čišćenje pomoćnog radnog stola |
| 4. | Čišćenje unutrašnjosti mašine od strugotine | |
| 5. | Demontaža trenutne konstrukcije pribora vijkom za demontažu pribora i njeno odlaganje na pomoćni radni sto | |
| 6. | Demontaža alata pomoću vijka za demontažu alata i njegovo odlaganje na pomoćni radni sto | |
| 7. | Postavljanje novog alata | |
| 8. | Postavljanje osovine i etalona | |
| 9. | Pozicioniranje alata pomoću osovine i etalona | |
| 10. | Stežanje alata | |
| 11. | Odlaganje osovine i etalona na pomoćni radni sto | |
| 12. | Montaža trenutne konstrukcije pribora sa zamenjenim novim alatom | |
| 13. | Postavljanje novog predmeta rada i uključivanje mašine za unutrašnje brušenje | |
| Ukupno vreme trajanja aktivnosti (u minutama) | 3:07.66 | 1:09.76 |

4.3. Konverzija internih u eksterne aktivnosti

U okviru ove faze neophodno je osmisliti način na koji će se interne aktivnosti pretvoriti u eksterne poboljšanjem metoda rada. Eksperiment ovog rada jeste uvođenje potpuno nove i poboljšane konstrukcije pribora za zamenu alata - dijamantskog poravnjivača. Očekivani rezultat je smanjenje trajanja vremena zamene alata, što je u daljem tekstu i objašnjeno.

Kada se obradi poslednji predmet rada pre planirane zamene dijamantskog poravnjivača, mašina se automatski zaustavlja. Prema zatečenom stanju, radnik je aktivnosti „Odlazak u skladište po pomoćni alat i pribor (osovina, etalon i imbusi)“ i „Prinošenje pomoćnog alata i pribora na pomoćni radni sto“ vršio dok je mašina isključena, što znači da su to bile interne aktivnosti.

Prema tome, uočeno je da se te dve interne aktivnosti mogu izvršiti kao eksterne aktivnosti, dok mašina radi i obrađuje poslednji predmet rada pre nego što je potrebno izvršiti zamenu alata.

Te aktivnosti su konvertovane iz internih u eksterne aktivnosti (Interne aktivnosti 2 i 3; Tabela 2). Pa se nakon

ove faze ukupno vreme internih aktivnosti smanjilo na 2:23.84, a vreme eksternih aktivnosti povećalo na 1:53.58.

4.4. Optimizacija svih aspekata pripreme

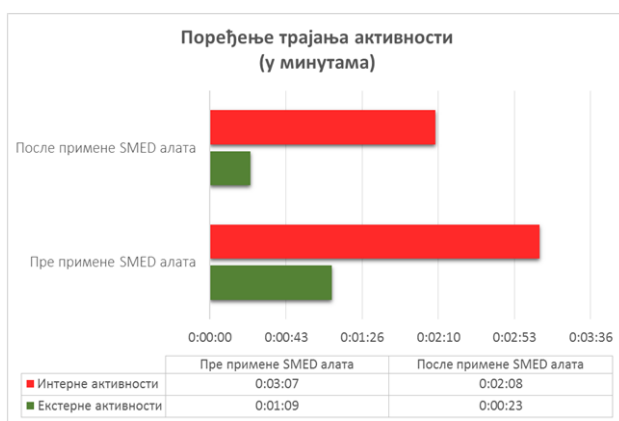
Na kraju, kao završni postupak, potrebno je unaprediti korake pripreme kako bi se interne i eksterne aktivnosti dodatno smanjile. Cilj je pojednostaviti aktivnosti i na taj način redukovati vreme potrebno za njihovo izvršavanje.

Ukupno vreme internih aktivnosti smanjeno je time što je konstruisana poboljšana konstrukcija pribora (*Slika 5*) za zamenu alata, koja je zbog svih svojih prednosti ubrzala njegovu zamenu.

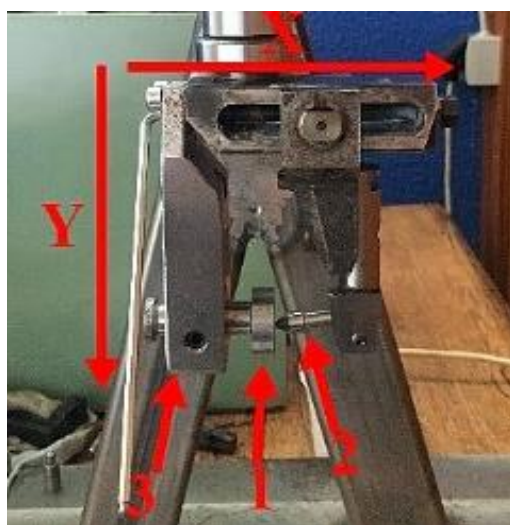
Ukupno vreme internih aktivnosti smanjeno je za 15 sekundi u odnosu na interne aktivnosti u fazi konverzije.

Ukupno vreme eksternih aktivnosti smanjeno je tako što je eliminisano šetanje radnika do skladišta (Eksterna aktivnost broj 2; *Tabela 2*), time što su u pomoćnom radnom stolu napravljene ladice, gde su već pripremljeni pomoćni pribori i alati. Radnik ne mora da šeta do skladišta, već će umesto toga samo odložiti pomoćne pribore i alate u ladicu.

Zatim, skraćena je i aktivnost odlaganja istrošenog alata u posudu za lemljenje, gde je posuda postavljena bliže radniku u odnosu na njen položaj u prethodnoj fazi (Eksterna aktivnost broj 1; *Tabela 2*). Postignuti rezultati prikazani su pomoću dijagrama (*Slika 4*).



Slika 4. Poređenje trajanja aktivnosti pre i posle primene SMED alata



Slika 5. Poboljšana konstrukcija pribora

5. ZAKLJUČAK

Trenutna konstrukcija pribora koja se koristi ima mali opseg radijusa (0-11 mm), odnosno rastojanja između centra tocila i vrha dijamantskog poravnjivača - alata.

Veličina radijusa zavisi od veličine tocila koje se profiliraju, te je neophodno podesiti radijus kako bi se obezbedilo pravilno profilisanje tocila. Potreban radijus se podešava pomoću etalona (Pozicija 1; *Slika 3* i *Slika 5*), koji odgovara veličini radijusa i postavlja se između dijamantskog poravnjivača (Pozicija 2; *Slika 3* i *Slika 5*) i pomoćnog pribora (Pozicija 3; *Slika 3* i *Slika 5*). Konstrukcija pribora se mora demontirati sa mašine, kako bi se alat zamenio, što je čini nefleksibilnom. Radijus je ograničen jer je osovinica (Pozicija 3; *Slika 3*) fiksna i ne može se pomerati po X-osi. Prema tome, lako se može „izgubiti“ Y-osa, jer je podešavanje alata osetljivo.

Poboljšana konstrukcija pribora za zamenu alata je fleksibilna, jer omogućava opseg radijusa 0-55 mm. Pribor se može pomerati po X-osi, Y-osa je fiksna, a pribor nije potrebno demontirati sa mašine. To omogućava tačnije podešavanje i bržu zamenu dijamantskog poravnjivača. Sve navedeno predstavlja glavne prednosti poboljšane konstrukcije pribora, što je čini značajno efektivnijom i efikasnijom u odnosu na prethodni način zamene alata.

Shodno svim izvršenim analizama, može se zaključiti značaj SMED alata. Pored toga što se ostvaruje smanjenje vremena zamene alata, odnosno zastoja proizvodnje, bitno je pomenuti i onu novčanu dobit koja se time postiže. Metodom koja je objašnjena u radu ostvaruje se 41% uštede vremena, tj. 1,45 minuta (pre primene SMED alata 4,16 minuta, posle primene SMED alata 2,31 minuta). Dobijeni rezultat skraćanja vremena primenom SMED alata u ovom eksperimentu se na prvi pogled ne čini toliko značajnim, ali gledajući na duži period, mogao bi fabrici uštedeti milione dinara.

6. LITERATURA

- [1] Ivan Mačužić, Marko Đapan, 2016: LEAN koncept u upravljanju proizvodnjom; Dostupno na: https://www.researchgate.net/profile/Marko_Djapan/publication/305136360_LEAN_koncept_u_upravljanju_proizvodnjom/links/578f55f608aebca4cadce4b/LEAN-koncept-u-upravljanju-proizvodnjom.pdf; Pristupljeno: 13.02.2021.
- [2] James P. Womack, Daniel T. Jones, *Lean Thinking*, 2nd Edition, ISBN 978-0-7432-4927-0, 2003.
- [3] I. Beker, S.Morača, M.Lazarević, D. Šević, Z.Tešić, A.Rikalović, V.Radlovački, LEAN sistem, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2017.
- [4] LEAN: http://www.masfak.ni.ac.rs/images/upload/Upis/MA_S_pripemna_n/uvod_u_m_pripemna/6_Lean_principi.pdf; Pristupljeno: 16.02.2021.

Kratka biografija



Marko Vrakela rođen je u Vrbasu, Srbija 1996. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka odbranio 2019. godine, master akademske studije iz oblasti Automazacija procesa rada, Industrijsko inženjerstvo upisao iste godine.

Kontakt: vrakela.marko.0212@gmail.com