



Assembly Process Improvement by Using Lean Tools

Poboljšanje procesa montaže primjenom Lean alata

G. Guzina¹, R. Gojković¹, S. Moljević¹, M. Jakanović Đajić*²,

¹Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Mašinski fakultet Istočno Sarajevo, Istočno Sarajevo, BiH

²Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Fakultet za proizvodnju i menadžment Trebinje, Trebinje, BiH

Abstract: Product assembly as the final production process is one of the most important parts, its quality has a great influence on the quality of the product. The goal of using Lean tools is to increase effectiveness, functionality, general improvement of the organization at the level of the entire company, as well as the elimination of unnecessary activities, i.e. losses in the production process. A well-organized and clean assembly process line will be obtained by using Lean tools, which contributes to the improvement of all the previously listed qualities, and therefore the production process. The application of Lean tools in the assembly process allows improvement in the assembly quality, an increase in efficiency and a reduction in the costs of the production process.

Keywords: Lean tools, assembly process line, 5S, SMED, waste in the production process

Apstrakt: Montaža proizvoda kao završni proizvodni proces je jedan od najvažnijih dijelova, njen kvalitet ima veliki uticaj na kvalitet proizvoda. Cilj upotrebe Lean alata je povećanje efektivnosti, funkcionalnosti, generalno poboljšanje organizacije na nivou cijelog preduzeća, kao i eliminisanje nepotrebnih aktivnosti tj. gubitaka u procesu proizvodnje. Dobro organizovan i čist pogon procesa montaže se dobija upotrebom Lean alata što doprinosi poboljšanju svih prethodno nabrojanih kvaliteta, a samim tim i procesa proizvodnje. Primjena Lean alata u procesu montaže omogućavaju povećanje kvaliteta montaže, povećanje efikasnost i smanjenje troškova procesa proizvodnje.

Ključne riječi: Lean alati, proces montaže, 5S, SMED, gubici u procesu proizvodnje

1 UVOD

Potruga za poboljšanom produktivnošću bez žrtvovanja kvaliteta i dalje je glavna meta mnogih proizvodnih industrija. To je moguće jedino uz razvoj proizvodnog sistema koji nudi pozitivan odgovor na promjene na tržištu, zahtjevima kupaca i proizvoda. Stoga, proizvodna preduzeća sve više traže prikladne pristupe za postizanje poboljšanja performansi kako bi stekle konkurentsku prednost. Lean filozofija se koristi kao sistem upravljanja za kontinuirano poboljšanje i smanjenje gubitaka tokom proizvodnje [1].

Inicijativa Lean proizvodnje fokusirana je na smanjenje troškova i povećanje prometa sistematskim i kontinuiranim eliminiranjem svih aktivnosti bez dodane vrijednosti. Na konkurentnom tržištu, Lean je "rješenje" za proizvodne industrije za opstanak i uspjeh. Lean proizvodnja pomaže organizacijama da postignu ciljanu produktivnost uvođenjem tehnika i alata koji se lako primjenjuju i održavaju. Fokus na smanjenju i eliminaciji gubitaka omogućava da se ugradi u organizacionu kulturu i pretvori svaki proces u profit. Greške u toku proizvodnog procesa dovode do lošeg razvoja proizvoda, ukoliko se iste ne isprave dolazi do umanjenja vrijednosti i kvaliteta proizvoda i procesa

* mirjana.jakanovic@fpm.ues.rs.ba

proizvodnje. Lean pristup se fokusira na smanjenje grešaka proizvodnje, procesa montaže kao i na povećanje cjelokupnog kvaliteta [2].

Cilj ovog rada je poboljšanje procesa montaže primjenom Lean alata. Neki od alati koji su korišteni na konkretnom primjeru su: 5S, SMED i KAIZEN (PDCA ciklus).

Montaža kao jedan dio iz procesa proizvodnje predstavlja najvažniji korak za nastanak gotovog proizvoda jer utiče na kreiranje kvaliteta i funkcionalnosti. O važnosti procesa montaže svjedoče podaci koji govore da je oko jedne trećine zaposlenih u proizvodnom procesu angažovano na poslovima vezanim za montažu proizvoda, dok u montažnoj proizvodnji vazduhoplovnih proizvoda (kao što su avionski motori), montažni rad cjelokupne proizvodnje mašina čini više od polovine zaposlenih [3]. Na osnovu navedenog, izvršena je primjena Lean alata u procesu montaže u cilju unapređenja i smanjenja troškova proizvodnje.

Rad je organizovan na način da je, nakon uvodnog dijela, u drugom poglavlju prikazan pregled literature, zatim je dat kratak prikaz podjele Lean alata u trećem poglavlju, studija slučaja je data u četvrtom poglavlju, dok su zaključna razmatranja data u petom poglavlju.

2 PREGLED LITERATURE

Kako su se želje kupca sve više javljale i kriterijumi povećavali industrija je morala ići u korak sa razvojem proizvoda. Potrebno je bilo prvo saslušati, zatim razmotriti kao i pretočiti želje kupca u poboljšanja [4]. "Mašina koja je promijenila svijet" je knjiga koja je prvi put predstavila Lean principe, koji glase: vrijednost, tok vrijednosti, tok, sistem povlačenja i savršenstvo. [5].

Faktor koji uvijek utiče na samu implementaciju Lean metodologije jeste ljudski faktor. Uprkos konstantnom rastu broja alata za napredak organizacije ljudi su ti koji svojim ponašanjem i prihvatanjem utiču na implementaciju Lean-a. U velikom broju država širom svijeta vlada se zalaže za implementaciju Lean koncepta u malim i srednjim preduzećima u cilju njihovog progresivnog napretka [6]. Sa dovoljnom

istrajnosti i posvećenosti zaposlenih Lean može obezbijediti okruženje koje povećava samopouzdanje i rad bez stresa [7].

U okviru rada [8] autori su opisali istraživački projekat koji je sproveden 2015. godine u jednoj automobilskoj kompaniji u Poljskoj. Glavni cilj istraživanja je bio da se identifikuju i smanje gubici koji se javljaju u procesu montaže. Da bi smanjili prethodno identifikovane gubitke pomoću PDCA ciklusa implementirana su prva tri koraka 5S metodologije sortiranje, uređivanje i čišćenje (eng. Sort, Straighten, Shine), Kanban police za spajanje dijelova kao dio sistema za povlačenje (eng. Pull system) i četvrti korak 5S metodologije tj. standardizacija (eng. Standardize). Nakon eksterne revizije pola godine nakon implementacije utvrđeno je smanjenje gubitaka za cca. 25 % i povećanje iskorišćenosti kapaciteta za cca. 5%.

Kada je u pitanju građevinska industrija organizacija pomoću Lean alata se ogleda u upotrebi Posljednjeg sistema planiranja (eng. Last Planner System – LPS) za praćenje toka, planiranje razvoja i eliminisanje neizvjesnosti. Primjer implementacije Lean proizvodnje u tekstilnoj industriji je prikazan u radu [11]. Uvođenje Lean proizvodnje proishodi iz potrebe za fleksibilnom proizvodnjom što u tekstilnoj industriji podrazumijeva širok asortiman proizvoda u kratkom vremenskom intervalu (kratak rok isporuke). Ukidanjem sistema progresivnih paketa (PBS) i uvođenjem proizvodnih ćelija teži se ka ispunjenju želja kupca. Za rješavanje navedenih problema korišteno je mapiranje trenutnog/budućeg stanja proizvodnje (VSM), zatim analiza kako bi se identifikovali gubici i uvele promjene. Uvođenjem proizvodnih ćelija olakšan je transport između radnih stanica i izvršena preraspodjela radnog okruženja koje je postalo prilagodljivo izmjenama u skladu s zahtjevima tržišta uz povećanje fleksibilnosti i potrebom za manjim brojem operatera.

U radu [9] autori ističu da su neki od gubitaka previše utrošenog vremena za pronalazak pozicija potrebnih za montažu sklopa čiji je najčešći razlog loše organizovan i lokacijski pozicioniran magacin i loša organizacija montažera.

Pravilno definisanje problema pomoću mapiranja procesa omogućava prikupljanje ključni podataka o problemima koji se javljaju u proizvodnom procesu, analiza prikupljenih podataka i implementacija adekvatnih Lean alata dovode do smanjenja nepotrebnih gubitka [2].

Nekada je nemoguće eliminisati sve aktivnosti koje predstavljaju čiste gubitke. Te aktivnosti predstavljaju sigurnosne aktivnosti u procesu montaže i njihovo postojanje je obavezno ukoliko je riječ o montaži sklopova sa eksplozivnim karakteristikama [10].

Smanjenje greška koja se javljaju u proizvodnim procesima, među kojima je i montaža, se ogleda u praćenju kvaliteta procesa. U radu [3], autori ističu da se kvalitet procesa prati i skladišti na papiru što smanjuje vrijednost podatka i onemogućava detaljnije analize. Elektronskim upravljanjem podacima omogućava se lakši pristup i upravljanje podacima o kvalitetu, informacijama o procesu proizvodnje kao i mogućnost analize i izrade statistike.

3 LEAN ALATI

Lean metodologija uključuje skup alata koji omogućavaju preduzećima ostvarenje velike koristi kada ih ispravno implementiraju. Upotreba Lean alata je jednostavan način i jeftino rješenje za postizanje produktivnosti i profitabilnosti, uz kontinualno smanjenje gubitaka. Lean alati su alati koji se lako koriste, angažuju svu organizaciju i osiguravaju posvećenost svih zaposlenih i omogućavaju vidljivost svih rezultata rada zaposlenih.

Lean metodologija se sastoji od primjene metoda, alata i filozofija, a neki od njih su:

- JIT (eng. Just In Time)
 - Kontinualna proizvodnja
 - Sistem povlačenja (eng. Pull system)
 - Proizvodnja u taktu (eng. Tak time)
- Heijunka
- Jidoka

- Smed
 - Poka Yoka
 - Andon
- SMED (eng. Single Minute Exchange of Die)
- 5S
- KAIZEN
 - PDCA ciklus
 - 5 zašto? (eng. 5Why?)

Ukoliko se posmatra proces montaže neki od glavnih problema koji se javljaju u vidu gubitaka su prevelika čekanja usljed loše organizacije radnog mjesta, nepravilne preraspodjele posla, prevelike udaljenosti skladišta neophodne robe, alata i pomoćnih pribora, prevelikog gubljenja vremena na postavljanje pomoćnih pribora i radnih alata na mašine i dr.

Gubici koji se javljaju mogu se pravilno ispratiti i definisati izradom i analizom mape procesa montaže.

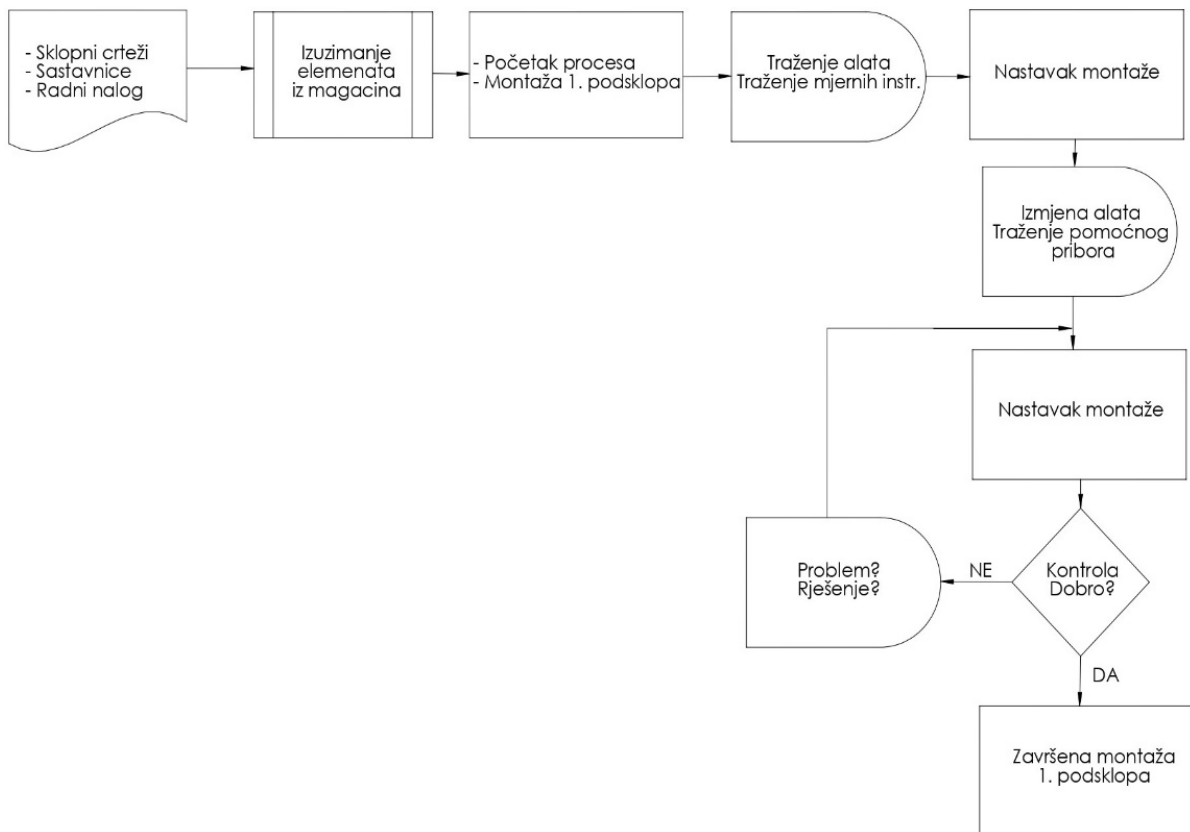
Mnogi autori, pri izradi naučno-istraživačkih radova koji imaju usku poveznicu između teorije i prakse predlažu prvo pravilnu identifikaciju problema, pronalaženje gubitaka, zatim planiranje budućeg stanja i implementaciju Lean alata.

Najčešće korišteni Lean alati u polju procesa montaže su 5S i SMED tehnika brze izmjene alata, čiji tok implementacije prati PDCA ciklus.

4 STUDIJA SLUČAJA

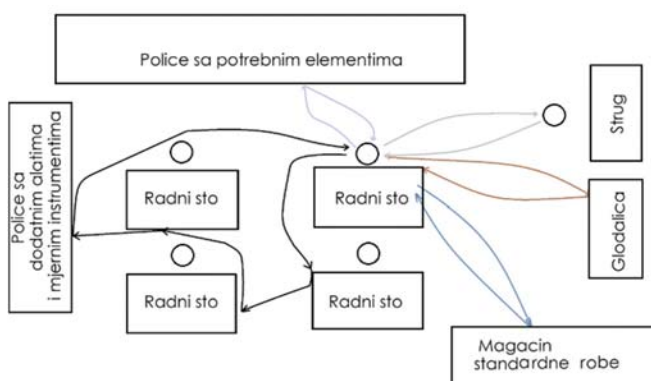
Studija slučaja je prikazana u procesu montaže u preduzeću koje pripada namjenskoj industriji, a koje posluje na području Bosne i Hercegovine. Problem koji se javlja u procesu montaže ogleda se u kašnjenju prilikom izrade glavnog sklopa.

Da bi se pristupilo planiranju načina rješavanja problema bilo je potrebno je izvršiti identifikaciju problema što je urađeno posmatranjem načina montaže podsklopova pri čemu je izrađena mapa procesa montaže (slika 1) i špageti dijagram koji prikazuje kretanja radnika u toku procesa (slika 2).



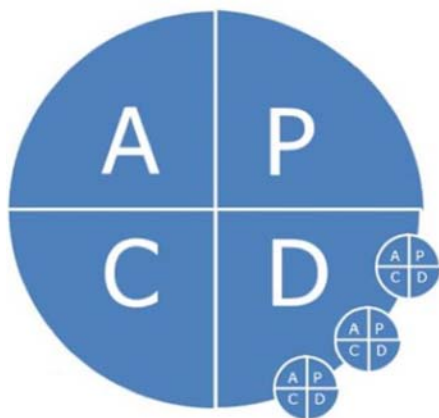
Slika 1 - Mapa procesa montaže

Analizirajući mapu procesa montaže i špageti dijagrama može se uočiti da dolazi do gubitka vremena usljed traženja alata i mjernih instrumenata širom pogona, traženja potrebne standardne robe u magacinu i čekanja operatera na strugu/glodalici da postavi alat i izvede traženi zahvat.



Slika 2 - Špageti dijagram

Kako bi se uklonili gubici i smanjilo vrijeme potrebno za izradu podsklopova potrebno je izraditi plan djelovanja pomoću PDCA ciklusa (slika 3) odnosno izvršiti reorganizaciju pogona montaže i smanjiti vrijeme nepotrebno za izmjenu alata na mašinama. Realizovanje navedenog se vrši implementacijom 5S alata i SMED tehnike.



Planiranje

1. Selekcija teme – kašnjenje u procesu montaže sklopa
2. Utvrđivanje cilja uz definisanje finansijskih podataka – ukloniti kašnjenja uz minimalne troškove
3. Izolovanje glavnih uzroka problema – neorganizovanost radnog mjesta, kašnjenje sa pripremom radnih alata i pomoćnih pribora za konvencionalne mašine u pogonu montaže
4. Upotrijebiti Lean alate 5S i SMED

Izvođenje

1. Implementacija Lean alata
2. Verifikacija rezultata

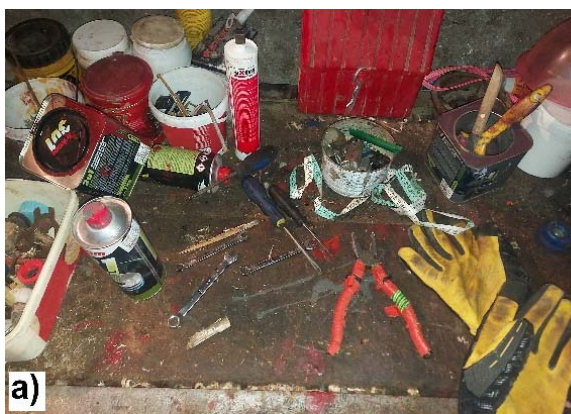
Kontrola

1. Kontrola postignutih rezultata
2. Verifikacija posljedica i utvrđivanje dostizanja cilja

Prilagođavanje

1. Ukoliko je cilj ispunjen standardizovati pimjenjeno
2. Ukoliko cilj nije ispunjen vratiti se na početak ciklusa

Slika 3 - PDCA ciklus



Slika 4 -




- a) Radni sto prije primjene 5S
- b) Magacin standardne robe prije primjene 5S

Stanje radnih stolova prije procesa montaže i stanje magacina standardne robe je prikazano na slici 4.

Osnovnih pet koraka implementacije 5S je prikazano u tabeli 1.

Nakon implementacije 5S-a na stolovima se nalaze potrebni alati, pribori i mjerni instrumenti kako radnici ne bi gubili vrijeme u traženju navedenog alata kod kolega koji su na drugom kraju pogona.

Tabela 1. Implementacija 5S

Koraci	Urađeno
Sortiranje	<ul style="list-style-type: none"> - Uklanjanje ličnih nepotrebnih predmeta - Sortiranje pomoću 5S kartica  <ul style="list-style-type: none"> - Razvrstavanje mjernih instrumenata - Razvrstavanje dodatnog alata - Sortiranje standardnih elemenata u magacinu u naznačene kutije
Uređivanje	<ul style="list-style-type: none"> - Skladištenje dobrih komada koji su bili višak u radnom okruženju - Odlaganje loših komada i otpada - Vraćanje mjernih instrumenata na police - Vraćanje dodatnih alata na police - Skladištenje viška standardnih elemenata u magacin u adekvatne kutije sa oznakom 
Čišćenje	<ul style="list-style-type: none"> - Čišćenje radnih površina i prostora - Čišćenje i pripremanje polica za dijelove koji se izuzimaju iz magacina 
Standardizovanje	<ul style="list-style-type: none"> - Evidentiranje (fotografisanje) stanja nakon prva 3 koraka implementacije 5S - Analiziranje urađeno - Standardizovanje

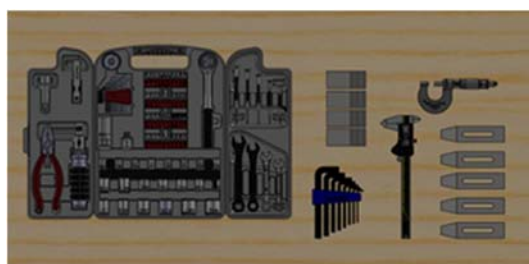
Održavanje	<ul style="list-style-type: none"> - Još jednom ukazati radnicima na bitnost čistih radnih stolova i radnog prostora - Uvesti pravila održavanja
------------	--

Vrijeme čekanja za izvedbu dodatnih operacija kao što je npr. bušenje ili obrada glodanjem u sklopu se smanjuje primjenom SMED tehnike. Kako bi se uočile aktivnosti koje doprinose čekanju izvršeno je posmatranje zatečenog stanja, što je prikazano u tabeli 2.

Tabela 2. Posmatrane aktivnosti

R. br.	Aktivnosti
1	Preuzimanje elemenata koje je potrebno obraditi glodanjem nakon sklapanja
2	Odlazak u magacin po alat
3	Čišćenje mašine od prethodne operacije
4	Odlazak po imbus ključeva
5	Traženje ključeva
6	Postavljanje alata
7	Postavljanje komada u stezni pribor, nije uspjelo
8	Odlazak u magacin po pomoćni stezni pribor
9	Postavljanje komada u pomoćni stezni pribor
10	Odlazak po etalone
11	Podešavanje režima obrade
12	Traženje mjernih instrumenata
Ukupno vrijeme pripreme $t = 75$ min	

Aktivnosti kao što su odlazak po imbuse, stezne pribore (npr. stezne šape), etalone, traženje mjernih instrumenata i ključeva je potrebno eliminisati uvođenjem SMED stola (slika 5) na kome će biti dostupno neophodno i nalaziće se u neposrednoj blizini operatera, a pri tome neće otežavati opsluživanje mašine.



Slika 5 - SMED sto

Ostale aktivnosti iz tabele 2 su posmatrane kao interne i eksterne, gdje je odlučeno da eksterne aktivnosti npr. čišćenje mašine od prethodne operacije obavljaju neposredno nakon završetka operacije iz razloga što se potrebe za obradom glodanjem ili bušenjem u sklopu javljaju periodično u procesu montaže. Takođe, predloženo je unaprijed pripremanje potrebnih radnih alata, steznih pomoćnih pribora jer je kroz dokumentaciju definisano šta i kako se radi.

Upotrebom SMED tehnike pripremno vrijeme je smanjeno sa 75 min na 15 minuta.

5 ZAKLJUČAK

Obezbijediti konkurentnost firme na današnjem tržištu postaje sve teže. Da bi preduzeće ostalo konkurentno potrebno je ispoštovati želje i zahtjeve kupca počevši od estetskih karakteristika, funkcionalnih, pa do roka isporuke. Upotreba Lean alata doprinosi boljoj organizaciji kako u vrhu preduzeća tako i u procesu proizvodnje. Ukoliko posmatramo proces montaže kao jedan od bitnijih segmenata procesa proizvodnje njena organizacija ima bitnu ulogu u ovoj priči.

Organizacija radnih površina i prostora pomoću 5S alata i upotreba SMED doprinose povećanju produktivnosti, efikasnosti, smanjuju gubitke i mogućnost povređivanja radnika na radnom mjestu te doprinose povećanju samopouzdanja radnika.

Problematika u procesu montaže nije ista za sva preduzeća i zavisi od tematike, vrste posla do same organizacije i načina funkcionisanja preduzeća u cjelini. Motivacija zaposlenih da zadrže promjene i uopšte da im se na samom početku procesa implementacije pridruže ima ključnu ulogu i utiče direktno na krajnje rezultate.

6 LITERATURA

- [1] Antonioli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120-1127.
- [2] Daniyan, I., Adeodu, A., Mpofo, K., Maladzi, R., & Katumba, M. G. K. K. (2022). Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry. *Heliyon*, 8(3), e09043.
- [3] Sun, M. L., & Zhang, X. C. (2012). Assembly process application of lean quality management. In *Advanced Materials Research* (Vol. 347, pp. 225-227). Trans Tech Publications Ltd.
- [4] Perinić, M., Maričić, S., Gržinić, E. (2011). Primjena SMED metode kao jednog od bitnih alata za unaprjeđivanje proizvodnje. *Strojarstvo: časopis za teoriju i praksu u strojarstvu*, 53(5), 399-404.
- [5] Womak, J., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates.
- [6] Stojanović, V.Ž., Stanisavljević, M.S., Kavalić, B.M. (2021). Implementacija Lean u funkciji optimizacije proizvodnje – problemski okvir.
- [7] Vrakela, M. (2021). Istraživanje primene SMED alata u fabrici FKL. *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu*, 36(08), 1400-1403.
- [8] Wojakowski, P., & Warżolek, D. (2017). Application of lean tools to measure and improve work in assembly cell: a case study. *Research in Logistics & Production*, 7(1), 41-51.
- [9] Kanaganayagam, K., Muthuswamy, S., & Damodaran, P. (2015). Lean methodologies to improve assembly line efficiency: An industrial application. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 20(1), 104-116.
- [10] Gunnsteinsson, A. (2011). Analysis of an assembly process of electric detonators with application of lean manufacturing.
- [11] Kumari, R., Quazi, T. Z., & Kumar, R. (2015). Application of lean manufacturing tools in garment industry. *International Journal Of Mechanical Engineering And Information Technology*, 3(1), 976-982.