

Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Индустијски инжењеринг
Предмет: Производни системи
Број индекса: 93/2011

Огњен Ж. Здравковић

Основе концепта „Lean“ производње
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Миладин Стефановић
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог рада биће објашњене методе и технике LEAN концепта у циљу повећања ефикасности свих процеса у предузећу, од највишег до најнижег нивоа у предузећу. Потом ће бити објашњени кораци имплементације LEAN концепта у предузећу. Посебан акценат ће бити на дефинисању свих метода и алата LEAN концепта као и схватање филозофије елиминисања губитака у предузећу.

Препоручена литература:

[1] Principles of Lean Thinking, Tools & Techniques, for Advanced Manufacturing

July 2004, National institute council Canada, Industrial research

[2] Б. Јеремић, П. Тодоровић, И. Мачужић, М. Ђапан, М. Милошевић, М. Раденковић, Ђ. Вучковић „Леан продукцион“, „Основи LEAN производње“ Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, септембар 2013

[3] Анализа могућности примене LEAN концепта у домаћој пракси, Славко Прекајски, Нови Сад, јул 2007. године

Крагујевац, 11.10.2015

Ментор: Проф. Др. Миладин Стефановић

Резиме рада: У овом раду ће бити објашњен LEAN концепт који је веома напредна метода управљања организацијом чији је главни циљ побољшање продуктивности, ефикасности и квалитета својих производа или услуга. Амерички и јапански менаџмент специјалисти су развили овај концепт током друге половине прошлог века. LEAN производња је постала позната након издавања књиге „Машина која је променила свет“ (енг. „*The Machine That Changed the World*“) коју су издали Џејмс Вомак и Дан Џоунс након шестонедељне посете Тојоте у Јапану. Главни циљ овог концепта јесте да се отпад елиминише у потпуности, а отпад је све што спречава да вредност производа или услуге порасте. LEAN концепт се најбоље може приказати тамо где је производња релативно стабилна и где су производи слични. У овом раду се тумачи и сама имплементација LEAN алата и метода који омогућавају побољшање и анализу процеса производње.

Кључне речи: LEAN концепт, канбан планирање, just in time, пет „S“, такт, каизен, smed.

Summary of work: Within this work, Lean concept is going to be explained as one very advanced method of management organization whose main goal is to improve productivity, efficiency and quality of their products or services. American and Japanese management specialists have developed this concept during the second half of the last century. Lean manufacturing has become known after the publication of the book "The Machine that Changed the World" issued by James Womack and Dan Jones after a six-week visit Toyota is in Japan. The priority of this concept is to eliminate waste entirely and the waste is all that prevents the value of the products or services increases. Lean concept can best be shown where production is relatively stable and where products are similar. The paper interprets itself by implementation of Lean tools and methods that allow for improved analysis and production processes.

Key words: Concept Lean, kanban planning, just in time, five „S“, tact, kaizen, smed.

Садржај

1.0	Увод у историју LEAN	5
2.0	Основи и алати LEAN концепта	6
2.1	Just in time	6
2.2	Канбан планирање	8
2.3	Седам губитака	10
2.3.1	Прекомерна производња	11
2.3.2	Непотребан транспорт	11
2.3.3	Непотребан застој	12
2.3.4	Прекотребна обрада	12
2.3.5	Залихе	12
2.3.6	Непотребно кретање	13
2.3.6	Дефекти (Шкарт)	14
2.4	Мапирање тока информација	14
2.5	Каизен	16
2.6	Системи повлачења (Pull system)	17
2.7	Тотално продуктивно одржавање (TPM)	18
2.8	Пет “S”	19
2.9	Рока уоке	21
2.10	SMED	24
2.11	Радне јединице	26
3.0	Стандардизовани рад и имплементација	28
3.1	Имплементација стандардизованог рада	29
3.1.1	Одређивање времена такта	30
3.1.2	Одређивање планираног времена циклуса	31
3.1.3	Развијање STACK дијаграма	32
3.1.4	Одређивање броја оператера	33
4.0	Закључак	34

Увод у историју LEAN

LEAN филозофија је Тојотин производни систем (енг. *Toyota Production System-TPS*) који је настао почетком педесетих година прошлог века и наставио да се развија до данас. Тек почетком деведесетих година прошлог века амерички стручњаци увидели су надмоћ и супериорност јапанских прозвођача у погледу квалитета израде и брзине испоруке готовог аутомобила.

ТПС је почео да се развија непосредно после Другог светског рата када је Јапан још увек био неразвијена земља са неразвијеном инфраструктуром, а Тојота је имала дуговања вишеструко веће од вредности саме компаније. Држава је компанији поставила улитматум да мора да побољша пословање без отпуштања радника. Како би смањила дуг и повећала обрт новца, Тојота је морала комплетно да промени цео систем производње.

У LEAN производњи огроман значај имају сами радници (оператери) који су сведоци проблема који им се дешавају током рада и они најбоље знају шта ће им олакшати рад, међутим, ТПС не може да функционише без људи који су обучени да у сарадњи са радницима дођу до решења проблема. ТПС предвиђа да се проблеми решавају на месту на ком и настају тако што свако свако може учествовати у њиховом решавању путем својих идеја и предлога.

И како се LEAN филозофија шири светом и долази у готово сваку државу света, менаџери и власници компанија усавршавају знања и технике LEAN-а која почињу да се примењују и ван производње: у услужним подuzeћима, логистици, дистрибуцији, одржавању, здравству па чак и у влади, односно политици.

LEAN концепт се најбоље може приказати тамо где је производња релативно стабилна и где су производи слични.

При класичном организовању и управљању производним системима, организације су подељене хијерархијски па тако долази и до рашчлањивања целокупног настајања производа на секторе планирања, извођења радова и обезбеђивање квалитета. За разлику од класичне (масовне) производње, LEAN концепт захтева децентрализацију структуре тако да се одговорност преноси на групе са високим способностима самоуправљања и самооптимизовања. Циљ је могућност да се смањи време и ток информација о одлучивању и планирању, смање трошкови производње и слично. [4]

2. Основе и алати LEAN концепта

LEAN производња заснива се на константном откривању и отклањању губитака како би се повећала вредност производа која се дефинише из аспекта купца на основу тога шта је купац спреман да плати. Због тога, све методе и технике у LEAN производњи имају за циљ отклањање губитака.

Да би ставке могле бити остварене, менаџери Тојоте су морали да оду у погон, анализирају стање и покушају да унапреде производњу што је више могуће.

Одмах су се јасно уочиле три ставке које су покренуле ТПС: [1]

1. Све што током производног процеса не доприноси повећању вредности готовог производа потребно је уклонити из процеса;
2. Смањити што је више могуће време циклуса производње производа и смањити трошкове незавршене производње, а притом повећати флексибилност ситема;
3. Не производити производе који нису поручени од стране купца. Направити купцу производ какав он жели у што краћем могућем року.

Основне методе и алати LEAN концепта су:

1. *Just in time*
2. Канбан планирање
3. Седам губитака
4. Мапирање тока информација
5. *Pull system* (систем повлачења)
6. Пет “S”
7. *Poka yoke*

У наставку рада следи објашњење сваке од горе наведених метода које доводе до повећања продуктивности компанија.

2.1 Just in time

Just in time (JIT) је начин производње која је потпуно оријентисана ка потражњи на тржишту и заснива се искључиво на задовољавању и испуњавању захтева купца. Најзначајнија реч у називу ове методе јесте *JUST* јер само *IN TIME* није довољно прецизно, јер потребан материјал може да се допреми данима, па чак и месецима раније што је такође на време и без кашњења. Реч *JUST* дефинише тачно време потребе за испоруку материјала у тачно дефинисаној количини за извршење операције. Први пут се појављује у Јапану након нафтне кризе када је потражња за производима драстично опала. Велику пажњу је добио када се показао као један од метода производње који може да се одупре рецесији и направи профит. Први облик овог система јесте “Канбан планирање”.

Just in time у суштини није метода већ само начин логичног вођења процеса производње. То је заправо циљ строге контроле набавке материјала, ефективног планирања процеса, дизајна фабрике, мотивације радника, смањења трошкова, логистике и планирања потребе материјала. Комбиновање ових техника води ка имплементацији *JUST IN TIME* алата.

Основе оваквог приступа су: [1]

- набави кад је потребно,
- набави по потребном квалитету,
- смањи припремно време и организуј ефективност.

Многе компаније су неповерљиве према чешћим, али мањим поруџбинама материјала, међутим, при добром планирању поруџбина, обезбеђује се добро снабдевање материјалом и полупроизводима од коопераната и постиже се боље искоришћење транспортног простора тако да превозници немају слободног простора у камионима. Фабрике које се заснивају на LEAN концепту производње су познате по томе да теже ка минимизирању наруџбина различитих производа. То значи да се инсистира на породицама производа мање компликованог облика. У таквим условима кооперанти производе мање количине делова, али производе веће количине сличних производа и на тај начин производе дневне количине производа потребне за нормално функционисање производње.

То је “win win” ситуација јер они користе мање ресурса и исплативије је, а и боље се искористи транспортни простор.

Да би се ЈИТ остварио неопходно је да оствари дугорочна и јака сарадња између коопераната и главног произвођача. Произвођачи који своју производњу заснивају на LEAN концепту инсистирају на што мањем броју коопераната, али исто тако инсистирају на што бољој комуникацији и сарадњи са њима. Да би ЈИТ глатко функционисао, главни произвођачи стимулишу кооперанте да што тесније сарађују са њима како би се испунио захтев веома високог квалитета производа јер услед шкарта и лоших делова долази до честих застоја у производњи, а ЈИТ не може функционисати. Из тог разлога се кооперантима дају тачни производни процеси које они могу да испуне како би се квалитет делова повећао, а шкарт сведе на минимум.

Неопходна су следећа унапређења како би ЈИТ функционисао:

- Ток производње- циљ - one pieceflow (eng. *Flow manufacturing*),
- Управљање више процеса (eng. *Multi process handling*),
- Канбан (eng. *Kanban*),
- Смањење радне снаге – line balance (eng. *Manpower reduction*),
- Визуелна контрола (eng. *Visual control*),
- Измена алата елиминација времена SMED (eng. *Changeover*),
- Обезбеђивање квалитета FTQ (eng. *Quality assurance*),
- Стандардизовање операција (eng. *Standard operations*),
- Јидока (eng. *Jidoka*)
- Održavanje i bezbednost (eng. *Maintaince and safety*).

Максимално искоришћење потенцијала радника је главно одличје ЈИТ методе. Радници се стимулишу наградама уколико производе делове без грешака који ће одговорити наредној операцији производње.

2.2 Канбан планирање

Канбан потиче од две речи из Јапанског речника, “кан” значи сигнал и “бан” што значи картица или табла. Канбан картица се користи у “PULL” системима производње и представља сигнал или импулс који представља потребу производње траженог производа. Овај начин сигнализације осмислио је Таичи Оно током боравка у Америци приликом куповине у америчким супермаркетима где се рафови допуњавају онда када се количина производа испразни до одређене мере-систем повлачења.

Канбан представља начин управљања који омогућава да сви производни процеси теку континуирано и да линија производње не остане без материјала (предмета рада) што је омогућено визуелном контролом. Овакав вид контроле омогућава лајн лидерима и менаџерима да лакше контролишу процес и у сваком тренутку имају информацију о стању залиха на радним јединицама. Ако се којим случајем деси да дође до застоја, постоји светлосна и звучна сигнализација која обавештава да постоји застој и да треба хитно да се реагује како би производна линија наставила са радом.

Концепција канбан начина се заснива највише на томе да посао буде одрађен на време, квалитетно и по унапред стандардизованом начину. Кретање картица кроз систем заједно са предметом обраде показује да постоји непрекидан и континуиран ток информација, све од наруџбине купца до инжењера који контролише рад и контроле квалитета на крају производње.

Приликом увођења канбана, потребна су одређена мерења и прорачуни како би се добили подаци који су показатељи тимске ефикасности, тј. колико је времена потребно за додавање делова у сваком следећем кораку производње до производње готовог производа. Људи раде заједно, али не на исти начин и у истом временском интервалу јер не поседују исте вештине, спретност и знање те се морају непрекидно обучавати и синхронизовати.

Рад у производњи којом се управља преко канбан система се заснива на подели радних задатака, поделом на операције које свака за себе захтевају релативно исто време обраде као и остали процеси на одређеној линији. Производ пролази кроз разне фазе обраде и када дође до краја тј. у фазу завршетка, прелази се на следећи производ.

Предности канбан система у односу на традиционални систем су:[1]

- Једноставан и разумљив процес,
- Пружа брже и прецизне информације,
- Ниски трошкови преноса информација,
- Брз одговор на промене,
- Ограничење капацитета у процесу,
- Избегава се прекомерна производња,
- Минимализује трошкове,
- Делегира одговорност оператерима

Канбан подржава теорију поделе рада, што значи да логистика треба да организује допремање тачне количине потребних делова за уградњу у правом тренутку, док радници на монтажи морају да у што краћем временском року донесу и уграде делове без прављења непотребних покрета. Непотребни покрети и кретања се смањују на минимум правилним позиционирањем алата и делова тј. на дохват руке и не иза леђа раднику - Муријевом анализом покрета као што се види на слици 1.



Слика 1. Правилно позиционирање делова испред оператора

Произведени делови се у зависности од њихове величине, стављају у кутије и спремају за допремање. У кутијама се налазе исти делови који су класификовани шифром која је исписана на картици. На кутије се поставља картица (слика 2), (канбан) и тако обележена кутија се транспортује до радне јединице којој су потребни ти делови. Картица се скида и враћа на таблу (слика 2). На тај начин се сигнализира радној јединици да поново почне производњу нове количине делова за које постоји потреба, а картица се налази на сигналној табли све док се кутија не напуни. Тада се картица скида, поставља на кутију, и циклус се понавља.



Слика 2. Изглед Канбан табле



Слика 3. Изглед канбан картице

Свака канбан картица треба да садржи:

- SAP број,
- Назив материјала
- Количину,
- Локацију у магацину,
- Карактеристике материјала и
- Бар код за читавање.

Кључ успеха сваког канбан система јесте сигнал. Стварање успешног сигнала у канбан систему зависи од два места у производном процесу. Прво место је место где се одређени део производи (тачка допуне), и другог места где се тај део уграђује (тачка коришћења). Мора бити утврђена тачна веза између ова два места и често се назива стаза вучења (pull path). Сваки део у канбан систему мора имати одређене тачке пуњења и коришћења и одређену путању како се делови допремају од једне тачке до друге. Све тачке, делови и путеви морају имати декларисана имена.

2.3 Седам губитака

Један од најефикаснијих начина за повећање профитабилности предузећа јесте смањење или елиминисање губитака. Губици су свуда око нас, у готово свим активностима које свакодневно обављамо било на послу, у домаћинству, свуда. У литератури је усвојено да је губитак (јап. *MUDA*) све што не додаје вредност производу (*Non value added*), услузи или производном процесу. Како би се губици елиминисали веома је битно прво утврдити шта је губитак код нас и где се он налази. Производи се разликују од фабрике до фабрике, али типични губици се појављују у свакој производњи.

Тојота је дефинисала седам различитих губитака и за сваки од њих постоје акције за њихово смањење или елиминацију. Елиминацијом губитака, повећава се продуктивност, број поруџбина и остале активности.

Ти губици су:[1]

1. Прекомерна производња
2. Непотребан транспорт
3. Непотребан застој (чекање)
4. Прекомерна обрада
5. Залихе
6. Непотребно кретање
7. Шкарт (дефекти)

Елиминисањем ових губитака фирма ће значајно профитирати.

2.3.1 Прекомерна производња

Прекомерна производња узрокује све остале губитке у самом старту. Приликом прекомерне производње производе се производи који немају свог купца тако да се самим тим стварају залихе које представљају заробљен новац, прекомеран транспорт и остале врсте губитака.

Пошто је серијска производња у великој мери заступљена, веома често долази до прекомерне производње услед губитка равнотеже између понуде и потражње. Један од класичних разлога прекомерне производње у фабрикама, јесте илузија да када се људи и машине константно експлоатишу како би њихова ефикасност била већа, међутим, овакав начин размишљања и искоришћавања људи и машина је погрешан јер је доказано да ако су и машина и радник активни током целог радног времена, не значи да се добија њихово максимално искоришћење јер такав начин вођења може довести до прављења великог броја производа који немају купца, а самим тим и залиха.

Да би се прекомерна производња избегла, потребно је производити искључиво производе који су поручени тј. имају свог купца. То не би био проблем када би постојао само један модел датог производа, али у данашње време акценат је на великом броју модела и комбинација како би сваки купац добио тачно оно што жели и што му треба. Систем повлачења (*PULL SYSTEM*) је једна од основних принципа код LEAN концепта јер онемогућује појаву прекомерне производње.

2.3.2 Непотребан транспорт

Према LEAN концепту, под непотребним транспортом се подразумевају сва непотребна кретања материјала од улаза полупроизвода у фабрику до излаза готовог производа из фабрике. Транспорт сировина од добављача полупроизвода преко процеса обраде као и готових производа приликом складиштења, представља један од основних елемената процеса производње и на њега се троши велики део времена.

Последице постојања непотребног транспорта: [1]

- Лош изглед финалног производа услед могућих оштећења приликом транспорта,
- Лоше разумевање тока процеса,
- Неуспешна комуникација: губитак података, некомпатибилност, непоузданост информација.

Транспорт производа између сваког процеса представља велики губитак у времену па се путање делова морају свести на минимум.

2.3.3 Непотребан застој

Непотребан застој у производњи настаје услед лоше органоације процеса, недостатка материјала или дораде због шкарта. Период у којем машина или оператер не врше никакву функцију која доноси вредност производу, називају се неактивно време, односно, непотребанзастој.

Сва времена чекања (производ спреман за даљу обраду, али ипак чека у некој од међупроизводних фаза) морају се елиминисати.

Рад током застоја на неким процесима који не доносе вредност производу, само води ка прекомерној производњи, а не максималном искоришћењу радне снаге. Овај случај је показатељ, како услед проналажења једног проблема „испливава“ други.

2.3.4 Прекомерна обрада

Многа предузећа користе веома софистицирану технологију чији радни сат вреди знатно више од старије технологије за израду неких једноставних делова како би подигли цену готовог производа. Приликом таквог приступа, произвођачи у потпуности оптерећују напредне и скупе машине како би осигурали повраћај уложених средстава, међутим, такве машине обично израђују велике серије јер честа промена алата (енг.*changeover*) изискује додатно време, па самим тим праве велике залихе (што чини два облика губитка).

Последице постојања прекомерне обраде: [1]

- Захтеви купаца нису тачно дефинисани
- Недостатак комуникације
- Промене у производним системима без промене у процесима и
- Повећане непотребне копије докумената у процесима.

Тојота је позната по употреби јефтиних и неретко доста старијих машина у комбинацији са одличним системом одржавања. Инвестирањем у мању, али флексибилнију опрему (тамо где је то могуће), стварањем производних ћелија и увођењем комбиновања коришћења расположиве опреме могу се увелико смањити губици који настају управо из прекомерне обраде у процесу производње.

2.3.5 Залихе

Управљање залихама је често занемаривана пословна активност што представља велику грешку јер су залихе огроман губитак. Углавном је за организације управљање залихама исувише комплексан проблем за темељну, детаљну анализу, те се површном анализом долазило до закључка да је најбоље имати онолико залиха колико финансијска снага организације то дозвољава. Оне организације које су се потрудиле да барем мало анализирају шта значи поседовати висок ниво залиха, схватиле су да је превише скупо

држати превелике залихе, те су се сконцентрисале на проблем и кренуле у прорачун колико чега треба наручивати и које количине производити.

Према LEAN концепту, губици настају услед постојања непотребних залиха у процесу производње. Превелика производња и гомилање залиха које беспотребно стоје у складишту и чекају нове наруџбине до којих може, али и не мора доћи представљају велики губитак. У суштини, овај губитак односи се на постојање већег броја залиха (сировина, полупроизвода и готових производа) него што је потребно за обављање пословних активности.

Последице постојања великог броја непотребних залиха су: [1]

- Велике залихе које обезбеђују сигурност у снабдевању производима,
- Неуравнотежена оптерећења у процесу рада,
- Непоузданост у пошиљкама од добављача и
- Повећана сложеност производа

Залихе су један од највећих губитака у било којој индустрији. Губици се могу приказати у облику сировина, полупроизвода као и готових производа. Велика количина средстава користи се за набавку сировина те их је потребно преусмерити само према оним које су заиста потребне за производњу производа који имају свог купца. Сваки пословни процес састоји се од одређене количине залиха, али кроз имплементацију LEAN филозофије, предузеће може да их сведе на минимум и тако себи уштеди велику количину новца.

2.3.6 Непотребно кретање

Непотребно кретање јавља се код ергономски лоше организованих процеса и радних јединица, а резултира тешким, опасним и стресним руковањем материјалом. Осим што су оператери у таквим условима мање продуктивни, лакше се и повређују што представља велики губитак новца услед накнаде одштете.

Прекомерно (непотребно) кретање представља губитак зато што троши време и ресурсе без додавања вредности и настаје услед лошег људи унутар и ван својих радних јединица како би пронашли алате или материјале.

Последице постојања непотребног кретања: [1]

- Двострука руковања материјалима и производима
- Лоши распореди процеса унутар функције производње,
- Неустаљене методе рада и
- Лоша организација радног простора и лоше одржавање

Било где да се налази у фабричком окружењу, идеално би билода раднику буде обезбеђено да свој део посла може да обавља без напуштања радног места.

2.3.7 Дефекти (Шкарт)

Према овом концепту, производи са грешком морају се поново обрадити, односно дорадити, што резултира губицима. Време и капацитети утрошени на поновну обраду не могу се никако надокнадити. Непотребне грешке доводе до додатне обраде, која извршена ван планираних активности, не доноси вредност производу и самим тим ствара губитке услед заустављања линије како би се дорадили оштећени производи.

Пошто имају директан утицај на продају у крајњој линији, дефектни производи представљају огромне трошкове за организацију. Трошкови укључују држање инвентара, поновно контролисање, репрограмирање производње и губитак капацитета. У многим организацијама, укупни трошкови ових производа често су значајан проценат укупних трошкова производње.

Последице постојања непотребних грешака:[1]

- Слаба контрола процеса и лош квалитет,
- Лоше планирано одржавање,
- Неадекватан тренинг запослених и
- Неразумевање потреба клијената

Кроз укључивање запослених и континуирано побољшање процеса (енг. *Continuous Process Improvement-CPI*), постоји велика могућност да се смање грешке на многим местима.

2.4 Мапирање тока информација

Ток информација и материјала представља ток свих активности, како оних које додају вредност завршном производу тако и оних које не додају вредност (губици), које су потребне да се захтев испуни. У LEAN терминологији користи се назив ток вредности (енг. *Value stream*).

У LEAN производњи ток информација се третира једнако важно као и ток материјала. Иако Тојота и њени добављачи користе исте основне процесе као и масовни произвођачи, Тојота другачије утиче и регулише ове процесе у односу на класичну масовну производњу.

Карте тока вредности су цртежи који нам визуелно приказују ток материјала и ток информација. Мапирање је активност чији су производ цртежи који се називају карте тока вредности. Постоје две врсте карти, прва је карта тренутног стања која описује процесе какви јесу, друга је карта будућег стања која описује циљно стање које желимо да достигнемо. [4]

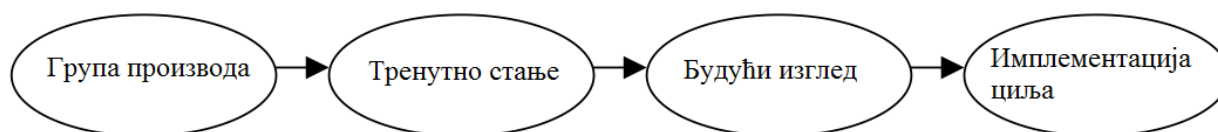
Посматрањем карте тока вредности види се целокупна слика, а не само појединачни процес и самим тим се олакшава унапређење целокупног процеса производње, а не оптимизација само једног дела.

Мапирањем се постиже транспарентност тока предмета рада кроз производни процес, а самим тим се постиже и увид у мане и показују потенцијални проблеми.

Постоји неколико разлога зашто је техника мапирања тока вредности од кључног значаја за унапређење комплетног предузећа:[1]

- Омогућује да се виде не само губитци, већ и генератори губитака током целог процеса. Повезује ток информација са током материјала.
- Представља основу LEAN имплементације. Мапе тока вредности се могу упоредити са грађевинским плановима. Као што су планови основа за градњу кућа тако су и мапе будућег стања основе унапређења процеса у предузећу.
- Мапирање тока вредности је квантитивна метода која детаљно описује како би процес требао да се одвија како би се обезбедио непрекидан ток. Показује шта тачно треба поправити како би се ефикасност система повећала.

При изради карте тока вредности потребно је фокусирати се на само једну групу производа. Група производа представља производе који имају исти или сличан технолошки поступак производње. Једнострана матрица која би повезивала производе и машине на којима се изводе операције (за добијање тих производа) би требало да буде довољна за једноставно одређивање групе производа за коју ће се вршити мапирање које ће се извршити кроз кораке приказане на слици 4.



Слика 4. Кораци у мапирању [4]

Група производа се одређује јер је лакше мапирати ток (обично не траје више од два дана). Када се одреди ток потребно је нацртати цртеж тренутног стања. Затим се треба фокусирати на проблеме и њихова решења па нацртати скицу будућег изгледа тока. Када се одреди будући изглед следи план израде и имплементација унапређења тока.

2.5 Каизен

Каизен је јапанска филозофија која је усмерена ка континуалном унапређењу током свих области живота. Реч „Каизен“ се састоји из две речи „Каи“ што значи континуалан и „Зен“ што значи побољшање. [3]

Каизен је један од најважнијих и кључних алата за успех предузећа. Овај алат се не заснива на фундаменталним и великим унапређењима процеса, јер је њих јако тешко постићи и често су веома скупа, већ се базира на малим, али константним унапређењима која не захтевају велика улагања и тако је процес добио име континуално унапређење.

Мала константна унапређења која када се гледају из дужег временског аспекта постижу велике уштеде и велика побољшања у свим процесима у предузећу. [5]

Каизен би требало да се користи у било ком делу пословних процеса кроз низ корака при чему знање и вештине радника достижу значајнија унапређења кроз укључивање тимски рад. Принципи на којима се заснива успешност спровођења и увођења у Каизен културе:[3]

1. Људски ресурси односно радници су најважнији фактор у функционисању сваког предузећа
2. Процеси који постоје унутар предузећа, морају да се постепено унапређују пре него што се уведу одређене потпуне и темељите промене
3. Свака врста унапређења мора да се заснива на процени и оцени перформанси процеса
4. Појединац се не истиче у први план.

Каизен је метода континуираног унапређења коју морају сви практиковати у предузећу. Рока уоке, *jidoka*, SMED, уравнотежење процеса производње итд. су заправо продукти каизен активности. Сваки *рока уоке* уређај настаје спровођењем каизен активности тј. решавањем корена неког проблема у производњи помоћу (*Root cause*) анализе.

Постоји неколико различитих каизен догађаја, сви у основи имају исти циљ (елиминисање губитака), али се разликују по учесницима и месту одвијања и дужини :

- Каизен догађај је планирана активност где тим покушава да унапреди неки аспект свог предузећа. Пре саме активности потребно је изоловати проблем, одредити тиме вођу тима, одредити циљ унапређења, мере које ће се користити и време трајања. Каизен догађај има за циљ брзо откривање коренског узрока проблема и брзу фокусирану имплементацију решења.
- Гемба каизен - Gemba се са јапанског језика преводи као право место. У производном предузећу Gemba означава сам производни погон. Gemba каизен је заправо каизен активност која се одвија у производњи.
- Систем каизен је каизен који се односи на радикално унапређење процеса како би се елиминисали губици који не додају вредност производу.
- Каизен блиц је планирани каизен догађај који траје три до пет дана. Основни циљ је брзина унапређења.
- Каизен супер блиц је догађај који траје свега неколико сати, и спроводи се одмах по индентификацији проблема у процесу, или на самој машини.

Каизен је заснован на научним анализама које садрже све елементе процеса или система како би се разумео његов рад и тек онда се открива како да се утиче на њега или како да се унапреди. Циклуси промене познати су и као Демингови циклуси *PDCA- PLAN, DO, CHECK, ACT*, (планирај, примени, контролиши и произведи).

Тим који спроводи каизен мора бити правилно одабран. Њега треба да сачињавају оператери који познају процес где је проблем пронађен. Морају бити заинтересовани за унапређење тако да су неки видови награђивања за успешан каизен догађај добродошли као вид мотивације. Тим је потребно обучити о методама које ће бити коришћене за описивање и решавање проблема. Такође је потребно обучити тим како да правилно попуни извештај и на која питања треба да одговори у извештају. У *LEAN* предузећима пракса је да особе које учествују у каизен активностима треба ослободити њихових редовних активности јер се на тај начин запослени фокусирају на каизен и рад у групи.

2.6 Систем повлачења (Pull system)

Систем повлачења се може најлакше објаснити на поједностављеном примеру куповине робе у супермаркету. На попуњеној полици стоје производи и тек када неки купац узме производ са полице постоји могућност постављања наредног производа на полицу. Ограничен простор полице не дозвољава постављање новог производа, ако претходно није дошло до продаје производа и његовог уклањања са полице.[2]

На овом принципу ради и систем повлачења (*PULL SYSTEM*) у производњи. Тек када маркетинг служба прими и обради поруџбину, може се започети са производњом одређеног производа. Креће се од краја процеса. Маркетинг прослеђује захтев одељењу финалног склапања, финално склапање прослеђује захтев следећем нижем у производном ланцу и тако редом. Сигнал за производњу неког дела долази до следеће радне станице која је ниже у ланцу производње.

Овакав систем на први поглед делује веома једноставан и лако примењив, међутим у пракси је тотално другачије. Систем повлачења би био једноставан када *LEAN* производња не би тежила да уједини високу флексибилност производње са великом количином производње и најкраћим могућим временом производње производа.

На пример *LEAN* фабрика багера производи барем три различите величине шасије, неколико боја и бар три различита нивоа додатне опреме.

Да би остали конкурентни на тржишту, маркетинг мора понудити сваком купцу избор боје, снагу мотора и ниво додатне опреме. Када купац одабере жељену комбинацију, приступа се производњи жељеног модела у најкраћем могућем року. *LEAN* компанија увек тежи да смањи време од поруџбине до готовог производа јер данашњи купци не желе да чекају дуго на производ.

Да би се постигла флексибилност код система повлачења (*PULL SYSTEM*) серије производа се морају смањити у односу на регуларне производне системе. Мање серије

компликују производњу с обзиром да је такт и уравнотежење производног процеса много теже испланирати. Али, када се прођу почетни проблеми и прилагођавање, резултат је боља управљивост, јер постоји олакшани ток информација, а делови за уградњу су обележени тако да се никад (или ретко) не створе уска грла.

2.7 Тотално продуктивно одржавање (TPM)

У LEAN производњи, поузданост опреме игра огромну улогу. Кварови машина могу да изазову застоје због којих долази до пробијања рокова и самим тим може довести до губитка купца.

Важан алат да се појава отказа сведе на минимум у процесу производње је тотално продуктивно одржавање (енг. *Total Productive Maintenance*). LEAN производња тежи ка 100% поузданости и доступности опреме.

Да не би дошло до оваквих губитака уведено је и развијено тотално продуктивно одржавање. Основни елементи тоталног продуктивног одржавања су **превентивно** и **корективно** одржавање.

За спровођење **превентивног** одржавања на машинама задужени су сами оператери који управљају тим машинама. Свако радно место поседује опрему за основно превентивно одржавање, подмазивање и чишћење. Најчешће се основно превентивно одржавање обавља у фиксним временским интервалима (дневно, на крају сваке смене). За остали део одржавања користе се уређаји за дијагностиковање и препоруке произвођача колико често треба мењати неки део. Што је опрема за дијагностику прецизнија и лакша за употребу, чешће ће бити и провере машина и умањена шанса за отказ.[3]

Корективно одржавање је систематска анализа отказа. На основу анализа природе и учесталости отказа на некој машини одређује се да ли ће се машина поправити или заменити другом. Циљ корективног одржавања је да се детаљном анализом отказа дође до елемента који је узрок отказа и исти се елиминишу, како се откази са истим узроком не би понављали. Кључно је да се машине могу лако одржавати и да се лако могу дијагностиковати њихова тренутна стања, како би радници који их користе што лакше обављали посао. [3]

Тотално продуктивно одржавање је веома тешко остварити јер захтева апсолутну посвећеност целог предузећа, а други разлог је време имплементације јер је за *TPM* потребно много времена. Време игра битну улогу јер се током времена имплементације *TPM*-а добијају:[1]

- потребне најбоље процедуре за одржавање,
- информације о отказима од којих се праве шеме отказа машина
- високо обучени радници који у најкраћем временском року могу одржавати машине

ТПО је методологија која се заснива на процени тренутног стања система који се одржава, а не на знањима о његовом претходном раду. Ова методологија се спроводи у тренутку

када је довољно јасно да ће до отказа доћи. Основни задатак и циљ ове методологије је смањење застоја због изненадних отказа на машинама и постројењима.

2.8 Пет „S“

Један од циљева ове методе је чистоћа и максимално искоришћење простора у коме се предузеће налази и елимише непотребне покрете радника тако што ће сав потребан алат бити на свом месту, јасно обележен, уочљив, чист и увек спреман за употребу. Следећи циљ „Пет S“ је да наведе запослене да сами воде рачуна о свом радном месту и машинама на којим раде и на тај начин допринесу тоталном продуктивном одржавању.

Подразумева се да би радни простор требало да буде чист и уредан. На тај начин се постиже задовољство код запослених, а самим тим и повећава продуктивност.

С обзиром да LEAN потиче из Јапана, израз „Пет S“ је настао као скраћеница пет јапанских речи: „Seiri“-сортирај; „Seiso“-све на свом месту; „Seiton“-среди; „Seiketsu“-стандардизуј; „Shitsuke“-сталност. У новије време се додаје још једно „S“ за сигурност (енг. *Safety*).

Како је LEAN практикован широм света, усвојена је једна дефиниција речи на енглеском језику. Значење је готово исто, али се у литератури чешће среће подела на енглеском језику:[1]

- Сортирај (*Sort*) - Сортирај и распореди алате. Сортира се тако што се алати који се често користе стављају на дохват руке, а они који се не користе често се постављају даље.
- Све на свом месту (*Straighten*) - Постави алат који је битан тако да им буде лак приступ. Циљ је да се минимизира број покрета које оператер мора да изврши током рада. На пример, кутије за алат би требало да стоје вертикално са јасно обележеним местима за алат, како би узимање било једноставније и прешло у механичку радњу (енг. *Muscle memory*), и како би се одмах увидело да ли неки алат није на месту.
- Среди (*Shine*) - Редовно чишћење машина и радних места тако да се минимизирају проблеми везани за чистоћу-нечистоћу. У неким индустријским процесима, прашина је један од узрока лоше површине производа или задрљаности. Да би се прашина лакше уочила LEAN фабрике најчешће фарбају подове у светле боје и побољшавају изворе светлости унутар фабрике.
- Стандардизуј (*Standardise*) - претходна три „S“ правила је потребно стандардизовати и исписати процедуре. После неког времена изабрати најбоље начине из праксе за сортирање, слагање и чишћење и придржавати их се.
- Сталност (*Sustian*) - Одржавај културу пет S међу радницима. Одржавај едукацију и учини да пет S постане део корпоративне препознатљивости.

Такође се помоћу овог алата постиже већа дисциплина код радника помоћу последњег „S“-сталности.

Сталност се најбоље одржава помоћу лекције у две слике (OK и NOK) која је приказана на слици 5. Једна слика уоквирена зеленом бојом представља како радна јединица треба да изгледа и стоји стално, док је десно поље уоквирено црвеном бојом и показује

како не треба да изгледа радна јединица. Лајн лидер сваког дана након завршене смене слика радну јединицу уколико није сређена и постави на предвиђено место како би радник видео и без опомињања почистио и ставио све на своје место.



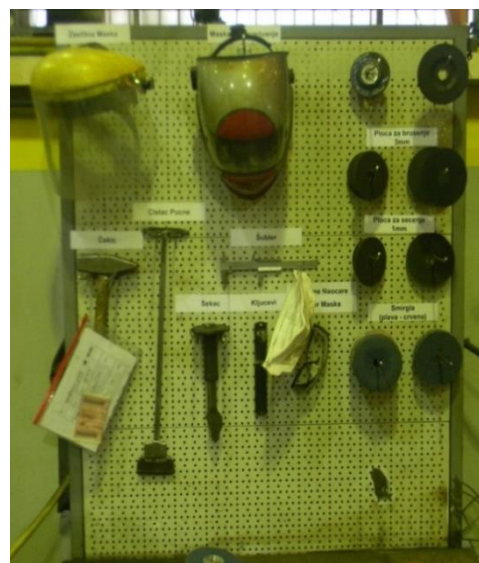
Слика 5. Изглед лекције у две слике

На слици 6 је приказано неуредно радно место које јако лоше утиче на сам рад и расположење оператера што узрокује опадању продуктивности.

Слика 7 представља уредно радно место које за разлику од претходне слике позитивно утиче на расположење оператера и самим тим се повећава продуктивност.



Слика 6. Неуредно радно место



Слика 7. Уређено радно место

Пет „S“ спроводе тимови, и редовна је пракса да менаџери оцењују и награђују најбоље тимове на по аудит календару који представља интервале прегледања нпр. једном месечно. Потребно је истаћи да „Пет S“ има јако битну улогу код безбедности на радном месту, тако да и тај део менаџери оцењују (нпр. Ако 100 дана не буде било каквог безбедносног инцидента, радници добијају премију).

2.9 Poka yoke

Главни циљ Рока уоке је онемогућавање грешака у процесу производње. „Рока“ на јапанском језику, у слободнијем преводу, значи грешка (у директном преводу би значила луда) а „уоке“ значи спречавање. Ове две речи у слободном преводу би значиле заштита од грешака.

Као што само објашњење каже, спречава се онемогућавање грешака које се дешавају приликом постављања разних позиција без алата који спречавају да дође до истих (слика 8).



Слика 8: Постављање без алата

Постоје 2 типа Poka yoke алата:

Hard Poka yoke: Уређаји приказани на слици 9 су они који указују на грешку на самом почетку процеса и онемогућавају даљу производњу производа. Пример ових алата је шаблон на слици 9 за постављање позиције у производњи.



Слика 9: Hard Pokayoke

Soft Poka yoke – су уређаји који показују да је дошло до грешке на крају процеса. Пример ових алата је контролник угла (слика 10).



Слика 10. Soft Poka yoke за контролу угла на крају производње

Како LEAN производња инсистира на што краћем времену производње и испуњавању захтева купаца, Poka yoke уређаји су најбоље решење за превенцију прављења грешака из разлога што контрола квалитета проверава производе по завршеној серији, а када производ стигне до контроле, већ је касно за указивање грешака на производу или неком делу производа. Проблем је што у LEAN производњи нема залиха, тако да ако се нађе

грешка на производу купац мора да чека нову производњу производа са његовим захтевима.

Рока уоке уређаји су најчешће веома јефтини и прости и чак не морају бити ни одређеног облика, али зато умногоме помажу при смањивању варијација при производњи. Специфичност ових уређаја је у томе што морају бити конструисани тако да не дозволе да дође до грешке у процесу рада, а једини начин да пројектовање Рока уоке уређаја буде ефикасно је прецизна анализа самих производних процеса и јасан циљ шта жели да се постигне у производњи.

Постоји је неколико корака у процесу развијања једног Рока уоке уређаја:[3]

- Описати грешку на производу, односно потенцијалну грешку и израчунати колико често се грешка појављује.
- Одредити машину која генерише грешке на производу и машину где се те грешке могу открити. Најчешће то није иста машина.
- Изоловати машине и утврдити коренски разлог зашто долази до грешке у процесу обраде. Проблеми могу бити неадекватан алат, непрецизни мерачи, недостатак информација итд.
- Када се утврди корен проблема потребно је конструисати Рока уоке уређај. Не постоји систем како направити уређај, али се треба придржавати правила конструкције што једноставнијег уређаја. Једноставни уређаји се мање кваре и једноставнији су за контролисање.

Приликом пројектовања Рока уоке уређеја, оператери се стимулишу да што активније учествују, јер ће ти уређаји умногоме њима олакшати рад и смањити стрес јер се тиме смањује могућност грешке радника. Приликом примене Рока уоке уређаја задовољни су и менаџмент предузећа и оператери. Менаџмент јер се смањује варијација у производњи и могућност производње лошег производа, а оператери јер су растерећени обавезе да проверавају производе, а новонастало време могу да искористе за рад на другим активностима или за одмор.

2.10 SMED

SMED је скраћеница за *Single Minute Exchange Of a Die* што значи свођење времена замене алата на флексибилним машинама на минимум како би се започело са производњом другог производа.

SMED метода је настала услед великог губитка времена при промени алата на машинама јер је промена истих трајала и до неколико дана што је утицало на флексибилност производње и организовање производног микса.

Скраћење времена промене алата (приказано на сликама 11 и 12) је од огромног значаја за комплетан LEAN концепт, јер да се није успело са скраћењем времена, флексибилност производње би била изузетно мала и не би била конкурентна масовној производњи.



Слика 11. Пред SMED методе



Слика 12. После SMED методе

Овај алат је настао у Тојоти при промени алата на преси за производњу шасије, јер је представљала највећи проблем, јер је време за промену алата било два дана.

Преса је представљала уско грло производње. Када је је требало да се почне са производњом другог модела, преса је морала да направи бафер у количини довољној за два дана производње и тек онда би се вршила замена алата и како би други делови за шасију другог модела аутомобила могли да се производе. Са толиком дужином трајања промене алата не би постојало ни дневног производног микса ни изједначавања количина и систем повлачења би доживео неуспех тако да имплементацијом овог алата LEAN концепт не само постао конкурентан масовној производњи већ се показао као бољи начин производње.[3]

SMED метода се имплементира у пет корака:

1. Посматрај, сними и анализирај начин рада
2. Разврстај интерне и екстерне процесе
3. Претвори интерне процесе у екстерне (оне које је могуће претворити)
4. Поједностави све активности
5. Стандардизуј и документуј побољшани начин рада

Интерни процеси су сви процеси који се морају урадити унутар машине док машина стоји.

Екстерни процеси су сви процеси који се одвијају ван машине и који се могу обављати док машина ради.

На слици 13 се види један вид алата на принципу SMED методе који се користи за више различитих производа.



Слика 13. Изглед алата за стезање комада при екстерном процесу

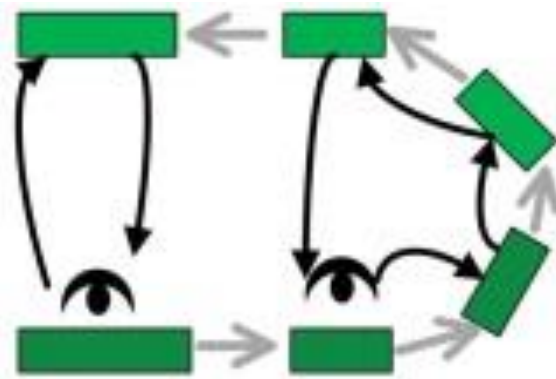
Имплементацијом SMED методе добија се:

- Већа флексибилност производње
- Бољи квалитет производа
- Ниже цене производа
- Већа ефикасност оператера и машине

Након имплементације поставља се аудит календар када ће се контролисати рад и видети да ли је могуће још неко побољшање.

2.11 Радне јединице

Радне јединице су основ ефективне производње у производним погонима LEAN фабрика и представљају групу машина и оператора (који раде на тим машинама) тако распоређених да се оствари непрекидни ток операција које зависе једна од друге и тако се прави систем повлачења. После увежбавања и навикавања међу оператерима у радним јединицама ствара се синергетски ефекат и скраћује циклус производње једног производа. Радне ћелије су најчешће у облику латиничног слова „U“ (шематски приказане на слици 14), јер су се такве показале најфлексибилније за рад.



Слика 14. Шема „U shaped“ радне јединице

Циљ радних јединица је да предмет рада, чим буде обрађен од стране једног оператера пређе (помоћу конвејера или крана) на следећу операцију, затим одмах на следећу и тако све док се не добије готов производ. Најпогодније су радне јединице у облику слова U јер минимизирају кретање радника унутар јединице и омогућавају флексибилност оператера тако што ће један обављати више операција. То није лако постићи из више разлога. Основни проблем је тај што радници најчешће одбијају да раде више операција сматрајући да имају више посла, али тиме се добија већа ефикасност радника и самим тим смањује број оператера потребан за израду производа што чини још један вид уштеде.

Проблеми код радних јединица су исти као и код непрекидног тока. Ако једна машина откаже постоји вероватноћа да ће и цела радна јединица отказати. Зато је аспект квалитета на самом почетку процеса, брзина промене алата и тоталног продуктивног одржавања од кључног значаја, јер је то једини начин да LEAN производња буде довољно конкурентна масовној производњи. Други проблем су гломазне машине које се не могу померати, тако да њих треба минимизирати у радним јединицама.

У радним јединицама комуницирање између оператера је олакшано због близине и због неопходног испомагања. То се најбоље види код завршне уградње у ауто индустрији где оператери једни другима помажу при монтирању теже и гломазне опреме у шасију аутомобила. Неопходно је обучавати оператере и неговати добре односе у тимовима ради повећања ефикасности и продуктивности.

Само на тај начин ће радне јединице бити довољно ефикасне. Потребно је делегирати одговорности, поспешити токове информација међу оператерима, а при томе и даље težити ка константном унапређењу, елиминисању губитака и унапређењу процедура.

На слици 15 се види изглед једне радне јединице (бокса) за заваривање.



Слика 15. Радна станица

Овакве радне станице су постављене тако да чине праву линију како би се олакшао транспорт комада и омогућио *One piece flow*.

3.0 Стандардизовани рад и имплементација

LEAN производња представља комбинацију људи, процеса, материјала и технологије који спојени у једну целину чине процес рада. Термин стандардизовани рад (енг. *Standard work*) представља најефикаснији начин производње.

Имплементацијом стандардизованог рада добија се:

- Заштита од прекомерне производње
- Обезбеђује се квалитет
- Смањује/стабилизује трошкове

Како је рекао Бил Мериот: „Дај један задатак да ураде стотину људи без радних упутстава, добићеш неколико десетина различитих начина рада, ако не и 100. Покушај овај експеримент са неколико хиљада људи, добићеш хаос.“

Стандардизација рада је јако важна за имплементацију Lean начина управљања јер обезбеђује транспарентност и омогућава континуално унапређење процеса (енг. *Continuousimprovement process - CIP*).

То је алат који подржава одрживу имплементацију и константно побољшање у процесу производње. Значај стандардизованог рада:

- Развијање најбоље методе
- Опис најбоље методе
- Стандаризација најбоље методе
- Верификација и сагласност методе
- Управљање одступањима од стандарда

Када се једном примени стандардизација рада и радна упутства (слика 16) се поставе на линије тј. радне станице постаје предмет континуалног унапређења кроз Каизен. Постоји велики број варијација шаблона како би требало да изгледа радно упутство који се мења у зависности од компаније до компаније. Радна упутсва креирају инжењери и супервизори задужени за одређене линије која се касније унапређују уз консултације са самим оператерима или уколико дође до било какве промене која се односи на производњу одређеног производа.

[illegible]

Слика 16. Пример радног упутства

У радном упутству се налази детаљно објашњење за извршење операције и време такта (односно циклуса). Радна упутства су постављена на линијама тако да оператери у сваком тренутку могу да виде следећи корак што помаже њиховом усавршавању до те мере да ће им прећи у рутину и остварује се могућност рада без гледања што смањује време циклуса. Оваква форма упутства помаже и при визуелном менаџменту (енг. *Visual managment*) како би се процес континуално унапређивао.

3.1 Имплементација стандардизованог рада

Имплементација стандардизованог рада ће бити детаљно објашњена у једној великој мултинационалној компанији са око 300.000 запослених широм света.

Стандардизовани рад се имплементира кроз 5 основних корака:

1. Одређивање времена такта (енг. *Takt time*),
2. Одређивање планираног времена циклуса
3. Развој “*Stack*” дијаграма
4. Одређивање броја оператера
5. Имплементација

Праћењем редоследа који је претходно наведем, правилно се имплементира стандардизовани рад.

3.1.1 Одређивање времена такта

Такт је временски период који представља брзину „излажења“ готових производа са производне линије у циљу задовољења потреба купаца.

Код LEAN производње не постоји класично планирање производње већ се производни план организује у зависности од броја поруџбина. При томе сваки купац има различите потребе и стандарде које је неопходно задовољити у најкраћем могућем временском периоду што значи да је потребно смањити производни циклус што је више могуће.

Време такта производње знатно је веће од времена циклуса, тако да се све активности у такту деле на операције (циклусе) које су у збиру приближно једнаке времену такта јер при мануелном раду увек постоје варијације у времену израде тако да се на израчунато време додаје одређени проценат како би такт био испоштован. Једна операција (време једног циклуса) се извршава од стране оператера или машине. Делимично завршени предмет рада прелази до следеће радне јединице, где се извршава следећа активност у производном току (истог или сличног трајања циклуса). Предмет рада секвенцијално пролази кроз производни систем све док се све операције не заврше када и настаје готов производ.

У зависности од броја поруџбина такт производње се веома често мења. Рачуна се као количник планираног времена рада и дневног броја поруџбина инајчешће се изражава у минутима (или секундама).

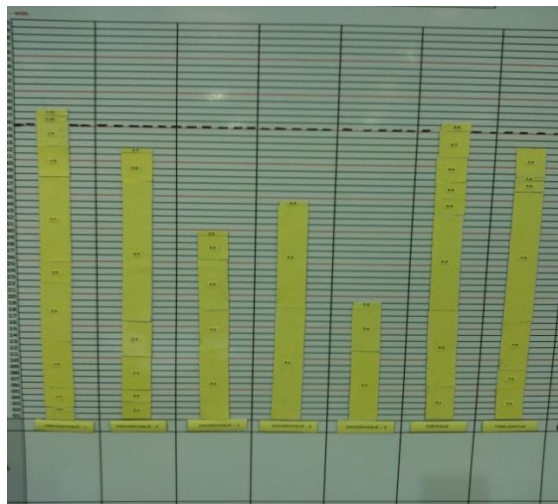
$$\text{Одређивање такта у зависности поруџбине купца} = \frac{\text{Планирано време рада}}{\text{Дневни број поруџбина}}$$

Пример:

Број поруџбина на годишњем нивоу	900, 000 ком/год
Број радних дана	240 рд/год
Захтев производње	3750 ком/дневно
Планирано време рада	3 смене; 30 минута паузе по смени;
	22.5 радних сати = 1350 мин = 81000 радних секунди

$$\text{Одређивање такта у зависности поруџбине купца} = \frac{81000}{3750} = 21.60 \text{ секунди по комаду}$$

У производњи такт (графички приказан на слици 17) се поставља као коначни дневни циљ. Притом нити један производни систем није савршен јер се догађају застоји, откази машина или дораде производа услед ученог шкарта тако да се неретко дешава да се не произведе потребан број производа који је одређен уколико не постоји политика да нема дораде (енг. *zero rework*).



Слика 17. Графички приказ времена такта

Са правилно одређеним тактом могуће је лако одређивати дневни производни микс јер се олакшава контролисање производних линија и тока материјала тако што се контролишу уска грла и не дозвољава застој материјала, предмета рада и прекомерна производња. То се ради тако што се намерно дозвољава да се пропусти такт на неким радним јединицама где може да се обради више предмета.

3.1.2 Одређивање планираног времена циклуса

Планирано време циклуса је време такта одређено бројем поруџбина које у које се узима у обзир све факторе који утичу на производњу са губицима укључујући и ефективност машина (енг.*Overall equipment efficiency*, скраћено *OEE*) при максималном производном капацитету линије.

Пример:

Планирано време циклуса = Време такта одређена према броју поруџбина * ОЕЕ

Време такта одређена према броју поруџбина = 21.60 сек

ОЕЕ = 78%

Неизбежни губици (замена алата (енг.*changeover*), застоји...) = 12%

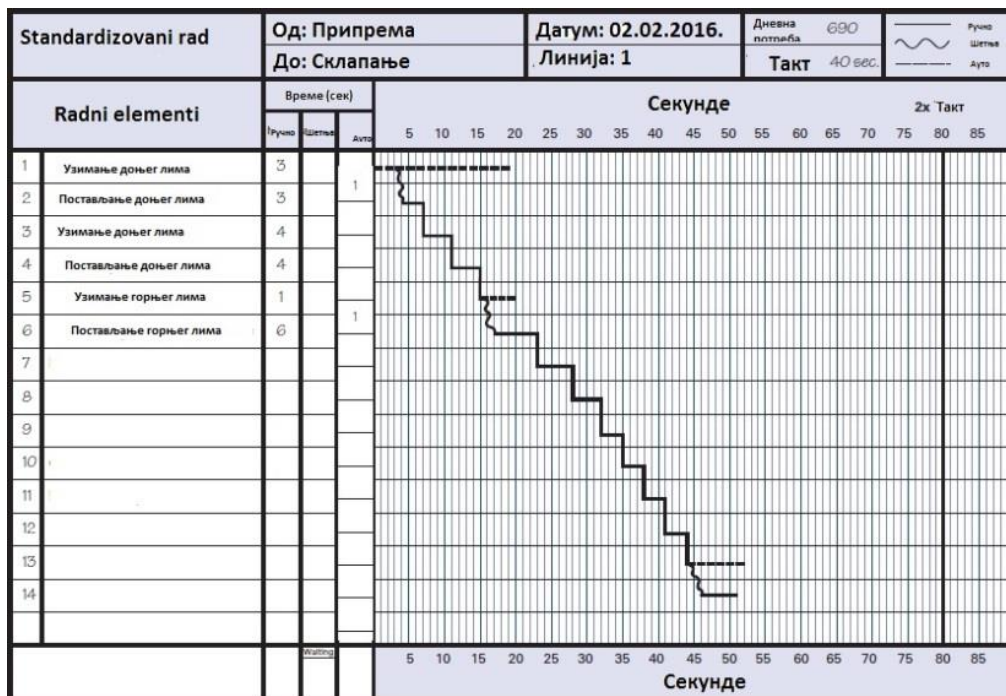
Губици приликом производње (застоји, повећање времена трајања циклуса) = 10%

Губици због квалитета (дорада уоченог шкарта) 0%

Планирано време циклуса = 21.60 * 78% = 16.8

3.1.3 Развијање „STACK“ diјаграма

Развијање дијаграма (Слика 18) се ради записивањем свих мануелних операција редом потпуно независно од радне станице. Израчунавање времена може да се ради класичним мерењем времена штоперицом сваке операције посебно, MTM (*Measure time managment*) или MTM- UAS методом.



Слика 18. Пример “*Stack*” дијаграма

Када се издвоје све мануелне радње, детаљно опишу и израчуна се време трајања операције узима се најбржи начин одрађивања операције и поставља као стандард у радном упутству и користи се док се не развије бољи начин израде кроз каизен и континуално унапређење процеса.

3.1.4 Одређивање броја оператера

Број оператера се одређује помоћу обрасца:

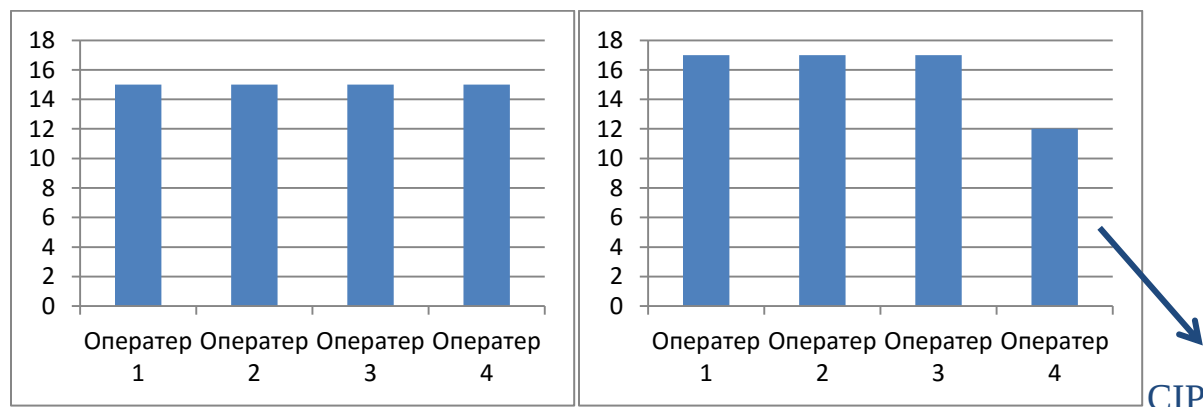
$$\text{Број оператера} = \frac{\text{Укупан број мануелних корака} - 1}{\text{Планирано време циклуса} - 2}$$

1 - Укупан број мануелних корака се узима из „Stack“ дијаграма

2 - Планирано време циклуса при пуном капацитету

Израчунавањем броја оператера добијамо минимални број оператера који је неопходан за функционисање линије пуним капацитетом. Уколико се потражња смањи, број оператера се накнадно рачуна.

Линије са стајаћим/седећим радним станицама не допуштају померање предмета рада међу оператерима тј. радним станицама јер би на тај начин повећали потребно време израде (губитак у времену) и самим тим би било потребно још оператера. Линије са стајаћим/ходајућим радним станицама дозвољавају кретање производа кроз линију до других оператера. Што су радни елементи мањи, прецизније ће се одредити време потребно за израду производа, самим тим, сигурнији смо резултатом колико је оператера потребно. С тога, што прецизније избалансирамо број оператера са временом циклуса, организоваћемо линију која ће функционисати без чекања између радних јединица.



Слика 19. Неправилно избалансирана линија Слика 20. Правилно избалансирана линија

На слици 19 је приказана неправилно избалансирана линија. Овако избалансирана линија не допушта било какво даље унапређење линије што пркоси свим принципима LEAN филозофије и не постиже се максимална ефективност радника.

На слици 20 је приказана правилно избалансирана линија где су 3 оператера максимално искоришћена, а код четвртог је остављено довољно простора да се постигне *Point CIP* или уколико дође до застоја код било ког од претходних оператера, остављена је могућност да последњи оператер напусти своје радно место на кратко како би помогао оператеру код кога је дошло до застоја док производња не почне поново да тече континуално.

4.0 Закључак:

У овом раду су објашњени основни алати и технике *LEAN* концепта. Имплементацијом ових алата, домаћа предузећа би много могла да повећају своју продуктивност и ефикасност што би засигурно допринело и њиховој конкурентности на међународном тржишту.

Инспирисани изванредним перформансама „Тојоте“ многе компаније су заинтересоване за увећање *LEAN* начина управљања производњом у својим организацијама. Главни разлог је повећање брзине одговора на различите захтеве купаца како би остали конкуретни на тржишту. Међутим прави изазов је питање како имплементирати све ове алате у „*day to day*“ активности компаније који воде према дугорочном побољшању.

Веома често се *LEAN* примењује само на „*shop floor-u*“ као сет алата не обраћајући пажњу на оријентисаност ка купцу. Одлика *LEAN*-а је у томе да се и у менаџменту и производњи добро разуме *LEAN* у целости у циљу примене правих алата правовремено како би се испунили захтеви купаца.

Редослед увођења *LEAN* концепта у предузеће није стандардан, јер ни једно предузеће није исто, тако да је увек потребно прилагодити имплементацију предузећу. Потребно је и да истакнемо да су методе и технике *LEAN* концепта јако једноставне, али са друге стране, оне траже апсолутно посвећење свих запослених у предузећу како би се постигла потпуна корист од имплементације.

Неопходно је да сви знамо да је *LEAN* концепт континуалан процес, и да се цела филозофија предузећа мора базирати на константном унапређењу процеса и елиминисању губитака у предузећу јер ће једино тако предузеће имати дугорочне бенефиције од *LEAN* концепта.

Важно је нагласити да сва предузећа (било производна, билоуслужна) и све институције могу драстично смањити губитке примењујући методе и технике *LEAN* концепта. Потребно је извршити прецизну анализу свих процеса у предузећу и указати на њихове недостатке.

Трансформацијом предузећа у *LEAN* даје много позитивних резултата који се тичу и запослених који се развијају у људе који сами могу да реше проблеме и повећава ниво задовољства код запослених и мењајући културу са културе наређивања и контроле у људе који су базирани на чињеницама и флексибилности при раду преносећи ту своју културу и размишљања на остале запослене како у производњи тако у нижем менаџменту и остале секторе компаније.

5.0 Литература

- [1] Б. Јеремић, П. Тодоровић, И. Мачужић, М. Ђапан, М. Милошевић, М. Раденковић, Ђ. Вучковић „Лан продуцтион“, „Основи LEAN производње“ Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, септембар 2013
- [2] Principles of Lean Thinking, Tools & Techniques, for Advanced Manufacturing July 2004, National institute council Canada, Industrial research
- [3] Анализа могућности примене LEAN концепта у домаћој пракси, Славко Прекајски, Нови Сад, јул 2007. године
- [4] Никола Р. Бандука, Основе концепта „Lean“ производње, универзитет у Крагујевцу, септембар 2012. Године
- [5] Марјановић В., Концепт управљања циклуса производње са имплементацијом у савременој аутомобилској индустрији, Универзитет Сингидунум, Београд 2008
- [6] Тркуља З., Уређење LEAN концепта помоћу платформе производне изврности, Операциони менаџмент у функцији економског раста и развоја, Београд 2011