

Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Индустријски инжењеринг
Предмет: Производни системи
Број индекса: 18/2009

Никола Р. Бандука

Основе концепта „Lean“ производње
завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

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

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада потребно је проучити одговарајућу литературу из области концепта LEAN производње. На основу прикупљених података треба објаснити све карактеристике потребне за детаљно објашњење концепта LEAN производње и његове имплементације. Потребно је дефинисати све методе и технике LEAN концепта производње, сваку методу посебно сагледати, као и њихове способности и побољшање у процесу производње. Примену LEAN концепта потребно је приказати на конкретним примерима из инжењерске праксе.

Препоручена литература:

- [1] Зеленовић Д., Технологија организације индустријских система - предузећа, Факултет техничких наука, Нови Сад 2005.
- [2] Dennis P. Hobbs, LEAN Manufacturing Implementation: A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer, J. Ross Publishing 2004.
- [3] Ian Wedgwood, Lean Sigma: A Practitioner's Guide, Prentice Hall 2006

Крагујевац, 20.09.2012.

Ментор:

Проф. др Миладин Стефановић

Резиме рада: LEAN концепт представља скуп поступака којим се системски изналазе бескорисне активности у процесима рада, као и извори грешака, с циљем да се утиче на квалитет, трошкове и време производње. LEAN производни систем је Јапански концепт производње који је стекао велику популарност када је термин означен као део студије о анализирању начина производње светске аутомобилске индустрије. У фокусу такозваног LEAN концепта је елиминисање свих губитака и свих активности које не додају вредност. Концепт LEAN се најбоље може применити уколико је тражња релативно стабилна и предвидива, и када су захтеви (тражња) купаца слични. Овај рад такође тумачи и саму примену метода и техника LEAN концепта који омогућавају анализу процеса производње. У раду су описани примери LEAN концепта у процесу образовања и у електронском пословању.

Кључне речи: LEAN концепт, Just in time, канбан планирање, такт, мапирање тока информација и материјала, интегрисани квалитет, каизен, тотално продуктивно одржавање, пет “S”, радне јединице.

Summary of work: LEAN concept is a set of procedures for systematically invent useless activities in work processes, and sources of error, with the aim of influencing the quality, cost and production time. Lean manufacturing system is a Japanese production concept that has gained great popularity when the term designated as part of a study analyzing the mode of production of the world car industry. The focus of the so-called lean concept is to eliminate all losses and all activities that do not add value. The concept of lean is best applied if demand is relatively stable and predictable, and when the requirements (demand) customers alike. This paper also explains the very application of methods and techniques of lean concepts that enable the analysis of the production process. This paper describes examples of lean concepts in the educational process and in electronic commerce.

Keywords: Concept LEAN, Just-in-time, kanban planning, tact, mapping the flow of information and materials, integrated quality, Kaizen, Total Productive Maintenance, five "S", work units.

Садржај

1. Уводна разматрања.....	6
2. Основи и дефинисање и дефинисање LEAN концепта.....	7
2.1. Принципи и предности LEAN предузећа.....	8
3. Основне методе и технике LEAN концепта.....	10
3.1. Just in time.....	10
3.2. Канбан планирање.....	13
3.3. Такт.....	15
3.4. Мапирање тока информација и материјала.....	17
3.5. Интегрисани квалитет (квалитет на изворишту).....	18
3.5.1. Jidoka.....	18
3.5.2. Andon светла.....	19
3.5.3. Poka yoke.....	20
3.5.4. SMED.....	21
3.6. Каизен.....	23
3.7. Тотално продуктивно одржавање (ТПМ).....	25
3.8. Пет „S“.....	26
3.9. Радне јединице.....	28
4. Принципи имплементације и примена LEAN концепта.....	30
4.1. Принципи LEAN концепта.....	30
4.2. Примена LEAN концепта.....	31
6. Закључак.....	38
7. Литература.....	39

1. Уводна разматрања

LEAN (лин) представља методу која обухвата принципе и мере за ефективно и ефикасно планирање, припрему, израду и контролу у ланцу који учествује у стварању нових вредности приликом трансформације улаза у производе као излазе из индустријских система. Кључне компоненте LEAN концепта су:

- децентрализоване структуре предузећа,
- управљање квалитетом у функцији потреба потрошача,
- хуманизација рада и управљања,
- интеграција потрошача и испоручиоца у функцији остваривања максималних ефеката,
- оријентисано управљање технологијама у функцији захева процеса пословања,
- регионализација, интернационализација и мобилност [1].

При класичном прилазу организовања и управљању производним системима, организационе структуре хијерархијски се рашчлањују, па долази до рашчлањивања целокупног процеса настајања производа на делатности везане за планирање, извођење рада и обезбеђење квалитета. За разлику од наведеног прилаза, LEAN концепт захтева децентрализоване структуре када се одговорности и компетенције преносе на групе с високим способностима самооптимизовања и самоуправљања. Циљ је да се омогући заокруживање израде производа, да се значајно смањи време протока, скрате путеви одлучивања, смање трошкови производње и слично [1].

У почетку LEAN концепт је за многе био концепт без могућности конкретне реализације, будући да се LEAN производни систем у многим областима ослањао на специфичан јапански менталитет, производну праксу, особену јапанску културу, речју, на својствене јапанске услове. Зато европска предузећа нису могла довољно добро да пренесу поједине компоненте LEAN концепта у домаће услове, али су зато могла добро да пренесу CIM концепт, с обзиром на културне сродности Европе и Америке. С обзиром на резултате које је постигла јапанска привреда применом LEAN концепта, сматра се да визија LEAN концепта у нашим условима треба да буде прихваћена у грубом облику, а циљ да буде изналажење услова да би се уочили фактори који доводе до успеха. Приликом тражења путева за побољшање ефикасности и ефективности, полазана тачка требала би да буде коришћење сопствених снага, идеја и концепата. Јапански елементи могли би да буду узор у формирању нове свести, као што су разумевање између радника и потрошача, с тим да се јапански концепт мора прилагодити нашим условима [1].

2. Основи и дефинисање и дефинисање LEAN концепта

LEAN производња је скуп метода и техника чија је сврха да увођењем њихових мера се смање сви губитци који настају у процесу производње и свих процеса у предузећу. У почетку је LEAN, као термин, била везивана искључиво за производњу. После неколико година покушавања да се LEAN концепт уведе само у производне процесе америчких ауто-компанија, дошло се до закључка да је то заправо немогуће. Да би LEAN имао потпуно дејство потребно је целу компанију прилагодити филозофији константног унапређења производног процеса и елиминације непотребних трошкова. Потребно је да сви, од менаџмента до радника у погону, буду упознати са суштином LEANa и да су посвећени његовој имплементацији. Тада се већ говори о LEAN предузећу, а не само о производњи са LEAN елементима [2].

LEAN концепт је настао у Јапану после другог светског рата. Јапан ни у једном природном ресурсу није богата земља, и још се налази на изузетно турском подручју са непредвидивим и јаким земљотресима. Да би таква земља била и остала конкурентна на светском тржишту, потребно је да производи производе високог квалитета уз најмање коришћење ресурса у најкраћем року. Једино за такве производе је купац спреман да плати чак и више од цене конкуренције. Јапан је одредио своје примарне циљеве. Улагавши у унапређење индустрије и истраживацких центара, Јапан је постао друга светска сила (у погледу бруто националног дохода) и лидер у научним истраживањима у области технологије, машина и медицине. Данас, Јапан генерише 64% бруто националног дохода кроз сектор услуга, али принципи који су настали у производним предузећима (која су изградила Јапан) су пренети у сектор услуга [2].

LEAN предузећа данас постоје широм света, али и даље су јапанска предузећа најефикаснија. Тоуота поседује фабрике широм Сједињених Америчких Држава, али ефикасност фабрика на тлу северне Америке је и даље мања него у Јапану. Тоуотине фабрике у САД јесу ефикасније од фабрика које производе по принципима масовне производње, али ако се упореде са јапанским и даље постоји разлика у корист јапанских. Као што се САД много лакше прилагодила информационом друштву у односу на Европу, јер је имала идентичан језик и слободу кретања људи широм САД тако је и тежња ка савршенству и свест о максималном искоришћењу ресурса део новије јапанске традиције (од почетка двадестог века) [2].

LEAN концепт унапређује цело предузеће тако што елиминише губитке који настају током свих процеса рада. Губитци могу бити у различитих врста, али се код LEAN предузећа на све процесе обраћа посебна пажња како би се уочили и елиминисали непотребни елементи и непотребни процеси. Процеси анализе и унапређења рада се у

LEAN предузећу одвијају континуално. Не постоји последњи циљ приликом елиминисања губитака већ стална тежња да предузеће и сви процеси у њему буду бољи и ефикаснији.

2.1. Принципи и предности LEAN предузећа

Да би се поједноставиле све методе и технике које је потребно имплементирати како би LEAN предузеће могло да ефикасно функционише, потребно је сумирати све захтеве и принципе LEAN концепта. Основни принципи LEAN концепта су :

- Препознавање губитака (WASTE) је први корак онога што представља вредност за купца са његове тачке гледишта. Било која особина, процес или одлика производа која не доводи до стварања вредности из корисникове перспективе је трошак и треба да буде отклоњен.
- Стандардизација процеса је јако битна зато што LEAN концепт захтева изузетно прецизне и детаљне производне процедуре које у сваком тренутку производног процеса тачно дефинишу стање квалитета производа, време, наставак операције и резултат операције коју је радник спровео приликом рада. На овај начин се смањују варијације тако што је радницима у LEAN производњи грешка доведена на минимум.
- Непрекидан ток код LEAN концепта води ка имплементацији непрекидног тока, смањујући производни процес уских грла, чекања, прекида и прескакања.
- Систем вучења (Pull system) има за циљ да произведе само оно што је неопходно, када дође до потребе за тим. Производња се покреће сигналом од стране радне организације која се налази ниже у ланцу. Тако свака радна јединица производи само оно што је потребно следећој радној јединици у низу, од нижег ка вишем.
- Квалитет на извору је принцип LEAN концепта да се грешке у производњи открију у самом настанку. Да би се то могло спровести, запослени морају испитати квалитет делова као део самог процеса обраде.
- Константно унапређење представља тежњу ка савршенству сталним уклањањем губитака из производње. Тако су сви запослени у предузећу укључени у овај константни процес [3].

Ако се сви принципи ефикасно уведу у предузеће и спроводе свакодневно, такво предузеће ће имати:

- смањене залихе,
- смањено време циклуса производње,
- повећати оперативну готовост,
- повећати квалитет производа,
- повећати ефикасност запослених
- смањити број отказа машина
- повећати искоришћеност машина и простора

- смањити складишта



Слика 2.1. LEAN принцип [3]

Како би се LEAN концепт могао применити и имплементирати постоји низ метода и техника које морају бити спроведене у оквиру предузећа. Основна два принципа, непрекидан ток и систем извлачења, морају бити у потпуности испуњени, док се остали стичу кроз стално одржавање LEAN филозофије у предузећу, а све је фокусирано на константном унапређењу. Методе и технике LEAN концепта је потребно шематски представити као стабилну творевину људског рада. LEAN концепт се може упоредити са кућом, а њени носећи стубови би били Just In Time и Jidoka (или стварње квалитета на почетку процеса). Темелји би били LEAN филозофија, лака визуелна контрола система, повећана стандардизација и уравнотежена производња. Такво предузеће би одржавали тимови људи кроз тимски рад а све на сталном унапређењу пословања [3].

3. Основне методе и технике LEAN концепта

LEAN производња се заснива на константном откривању и отклањању губитака. Вредност се дефинише из купчевог аспекта. Због тога, све методе и технике у LEAN производњи имају за циљ константно уклањање губитака [4].

Основне методе и технике LEAN концепта су:

- Just in time
- Канбан планирање
- Такт
- Мапирање тока информација и материјала
- Интегрисани квалитет (квалитет на изворишту)
- Каизен
- Тотално продуктивно одржавање (ТПМ)
- Пет “S”
- Радне јединице [4]

3.1. Just in time

Just in time метода је универзалан облик управљања производњом и залихама, развијен у Јапану а касније прихваћен и у целом свету. Заснива се на теорији где се производи без залиха и складишта, такође је знан и као производња без складиштења. Добављачи доносе компоненте неопходне производњи и то пре саме монтаже у погону. Just in time метода захтева изузетно добар процес планирања и организацију рада као и јасно дефинисање уговорних тачака и строго поштовање рокова испоруке. За ове или сличне методе користе се још и називи нулте залихе, производња без залиха и управљање контролом залиха.

Залихе настају приликом куповине производа пре него што су они потребни. Такође залихе постоје и због несигурности испорука, као што може да буде кашњење, и разних погодности и повољности при куповини. Just in time концепт тражи да делови постоје само када су потребни а да их уопште нема ако нису потребни. Сталном контролом ланаца набавке и производње, мање је залиха потребно [4].

Just in time заправо није техника, већ резултат скупа разних техника. То представља циљ строге контроле набавке, ефективног планирања процеса производње и дизајна фабрике, мотивације радника, смањења трошкова, логистике и планирања потребе материјала (МРП). Комбиновање ових техника води ка имплементацији Just in time приступљања. Основе оваквог приступа су: набавка када је потребно, набавка по високом квалитету, смање времена, организија ефективности. Када се ово све сабере, потребно је заправо

повећати квалитет у свим менаџерским пословима као што су квалитет записа, квалитет процедура, квалитет набавке, испоруке, предвиђања и одређивања циљева, и као резултат свих активности квалитета производа и његових саставних делова.

Предузећа су углавном несигурна по питању набавке у сталним, мањим количинама, али ако су добро испланиране колчине различитих делова, неће се десити да камиони транспортују делове са вишком слободног простора. LEAN фабрике су познате по дневном производном разноврсношћу, и минимизирању броја различитих делова у финалном производу.

То представља инсистирање на групу производа и смањењу сложености производа. У таквим условима кооперанти, иако производе мање количине делова, производе већи број сличних производа и на тај начин производе сталне дневне количине које ће и њима бити исплативе (и погодне за максимално искоришћење транспорта).

Приликом остварења Just in time потребно је створити стабилну везу и дугорочну сарадњу између коопераната и главног произвођача. LEAN произвођачи практикују мањи број кооперанта, али зато инсистирају на јачем узајамном односу и бољом комуникацијом. Кооперанти се стимулишу да што присније сарађују са предузећем како би Just in time могао функционисати без проблема. Квалитет делова је од примарног значаја, јер Just in time не може функционисати ако често долази до застоја и отказа у производном процесу услед шкарта и лоших делова и лоших производа. Зато се кооперантима дају тачне процедуре за производњу делова који они могу да испуне, како би квалитет делова био висок, а шкарт сведен на нулу [4].

Ако се посматра историја стандардизације, долази се до виђења да је стандардизација настала управо из разлога кооперације. Било је потребно смањити варијацију тј. прописати тачне особине и изглед појединих делова. Тако је кооперација бивала успешнија, а главна предузећа су могла лакше да уговарају производњу са кооперантима, јер су почеле да се поштују процедуре и договоре на глобалном нивоу.

Друга битна особина LEAN предузећа је тежња да се што мањи број различитих делова употреби при производњи неког производа. На тај начин се поједностављује производни процес, док кооперанти имају више интереса да сарађују само са једним купцем, јер у том случају могу да произведу целу групу сличних делова, који ће попунити њихове производне капацитете. Само на тај начин Just in time може да функционише у правом облику. Мањи број коопераната, висок квалитет делова, тачне испоруке, прецизна комуникација и заједнички циљ.

Стандардизација и смањење броја делова утичу и на одржавање и ланац повратне логистике. Одржавање је једноставније, потребно је мање алата и машина, а због флексибилности производње, потребно је и много мање времена за чекање на производњу

дела. Тежња ка апсолутном квалитету доводи до одржавања и уводи гаранцију ка олакшање за организацију, тако да и у овим сегментима Just in time има оправданост [4].

Битна карактеристика Just in time је стопроцентно искоришћење потенцијала радника. Радници су стимулисани да производе делове без грешака који ће одговарати наредној врсти производње.

У Just in time систему, потребно је направити добар баланс набавке која временом постаје уравнотежена и лакше предвидљива. Први проблем је одредити одређену количину поруџбине. Потребно је искористити основне методе при одређивању количина. Ефикасан начин је преко Парето анализе, где се одредује количина потребних делова. Када се ова анализа изврши прелази се на груписање елемената по сличности производног процеса, односно који делови се могу производити у истој фабрици. Када се изврши таква анализа, потребно је не дозволити да дође до прекомерне производње. Проблем прекомерне производње је једноставно решен путем Канбан методологије.

Константно унапређење Just in time производње и свих процеса набавке, је кључно како би се трошкови производње смањили, а транспорт мањих количина био конкурентан великој производњи. Иако је прелазак са класичне теорије набавке и МРП формуле тежак и тражи нове носиоце информација и организације, бенефиције које Just in time даје су заиста велике. У предузећима и њиховим кооперантима које овладају Just in time системом, могуће је допринети да производња буде таква да 80% делова буде произведено код кооперанта, а само да се финално склапање одвија у предузећу, без сувишних залиха и високог квалитета производа.

3.2. Канбан планирање

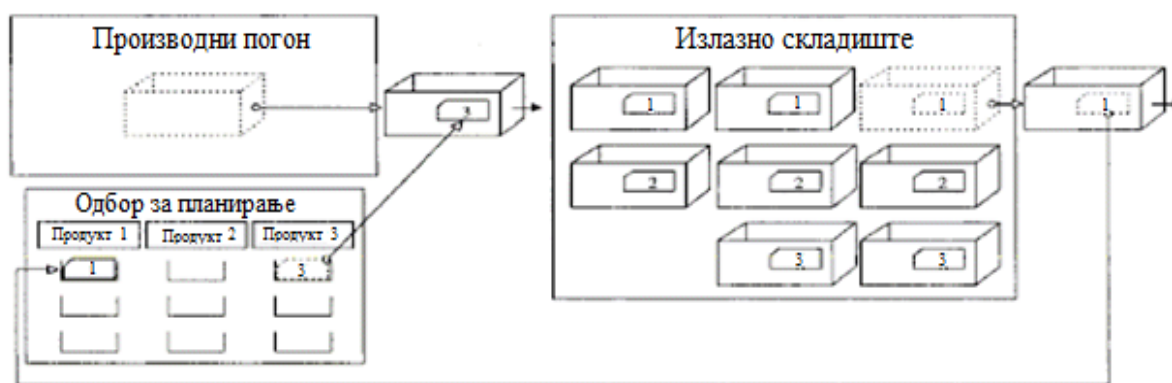
Канбан систем представља начин да сви производни процеси у фабрици раде константно, и да не остану без предмета рада (или да не произведу превише), путем визуелног сигнала у фабрици. Визуелна сигнализација доста олакшава управљање система, јер менаџери и супервизори могу тренутно да виде стање залиха у радним јединицама.

Потребан импулс да би предмет рада био дистрибуиран радном месту је потреба купца. То значи да канбан систем допушта да се произведе само оно што очекују купци, а не зависи од технике предвиђања продаје. Канбан треба схватити више као извршну методу, него као методу за планирање, која узима информације од планирања материјала и претвара у канбан. Оно што канбан замењује је потреба за планирање производње и супервизорима, који константно надгледају производни план и одређују који производ треба производити, а када треба да промене производ [4].

Најлакше објашњење основног модела канбан методе је преко шеме (слика 3.1.). Произведени делови се ,у зависности од њихове величине, стављају у кутије или постављају на рамове. У кутијама се налазе исти делови који су класификовани шифром

која је исписана на картици. На кутије се поставља кртица (канбан). Тако обележена кутија се транспортује до радне јединице којој су потребни ти делови. Картица се скида и враћа на таблу. 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.

Приликом производње производа који садрже у себи неколико хиљада делова, пројектовање канбан система постаје много сложеније. Данас се користи компјутерски информациони систем, који замењује стари облик картица, али картице и даље постоје, само другачијег изгледа. Иако је дигитализација допринела много ефикаснији начин управљања канбаном, основни принцип је остао непромењен [4].



Слика 3.1. Шема процеса канбан [4]

Најчешће је у пракси канбан систем са две транспортне кутије идентичних делова. Када се делови из прве кутије почну користити, картица се скида са кутије и поставља на таблу за сигнализирање. То је сигнал да се почне са производњом нове количине делова, док друга кутија служи као бафер како не би дошло до нестанка потребног дела. Она се налази код радне јединице [4].

Када се канбан поставља први пут, постоји циљ да се време допуне смањи како би се повећала брзина протока материјала и смањили трошкови. Ова стратегија није добра. Повећан проток материјала, повећава и трошкове руковања материјалом и повећава унутрашњи саобраћај у производном систему. Оптимизација односа између инвентара и трошкова руковања материјалом, долази путем константног унапређења и анализирања информација на дневном и месечном нивоу [4].

Постоји тенденција да се троши више простора него што је заиста потребно. Зато је битно да величина контејнера прати количину делова који се стављају у њега. Потребно је прилагодити величину контејнера нпр. ако је количина канбана 50 контејнер не треба

правити тако да може да прими 100 ком, како би простор био максимално искоришћен, и олакшан транспорт [4].

Постоји пет основних информација које канбан картица мора да садржи: број дела, опис дела, тачка коришћења, тачка допуне и количина. Ако картица јасно садржи сва ова обележја и ако су тачке у фабрици правилно означене руковаоцима материјала неће доћи до проблема да се научи где се која тачка налази. На тај начин унутрашњи транспорт ће бити ефикаснији и бржи.

Канбан систем подржава теорију поделе рада. То значи да свако треба да ради свој посао најбоље. Руковаоци материјалом треба да се брину о допуни канбан контејнера, док радници на монтажи треба да што мање времена троше на доношење потребних делова, и без икаквих непотребних кретања. То се постиже добрим позиционирањем места где ће бити постављени контејнери и на који начин. Најбољи положај је на дохват руке раднику а при томе да не буде иза леђа.

Сигнализација је изузетно битна код канбан система. Свако радно место је опремљено визуелном сигнализацијом- својеврсним семафором који је постављен високо као би руковаоци материјалом могли лако да уоче промену. Када је упаљено зелено светло значи да је све у реду. Када радник потроши делове из припремљеног канбан контејнера, он активира жуто светло. То је знак да руковаоц материјалом дође, преузме празни контејнер а донесе пун канбан контејнер. То време се означава као фреквенција допуне. Ако допуна контејнера прекорачи дужину фреквенције допуне, настаје недостатак материјала. Тада радник пали црвено светло које обавештава менаџера оделења о проблему нестанка материјала и ургирање да се проблем реши. Црвена светла се користе када дође до неког проблема у производњи и биће објашњена код објашњења континуираног тока и каизен посвећеност квалитету.

Проблеми код имплементације канбан система могу настати код великих производних система јер је потребно оформити велики тим који мора научити велики број радника да поштује сигнале канбан система. Потребно је време да се пренос канбан контејнера усаврши како не би долазило до застоја у раду због мањка средстава рада одређених машина. На почетку примене канбан система, управо из разлога неуигрантости радника и коопераната, намерно се поставља већа количина залиха која се уходавањем целог система смањује, јер је апсолутни циљ канбан система недозвољавање производње производа за којег нема купца и минимизација залиха [4].

Други проблем код канбан система је немогућност планирања производње. За разлику од МРП система где се на основу претходног искуства прави план производње, канбан зависи од дневних наруџбина и такта производње. У таквим околностима систем је много рањивији на несташнице ресурса у случају неиспуњавања уговорених обавеза од стране коопераната.

Канбан систем јесте пројектован за систем извлачења али није могуће све производе производити на тај начин. Чак и Тоуота, када производи производе у Јапану а уграђује их у фабрикама у Сједињеним Америчким државама, пројектује план производње који мора бити испоштован како евентуално кашњења испоруке не би угрозила производњу у фабрикама САД-а.

Правилном имплетацијом канбан система смањује се количина незавршене производње, унапређује ток материјала, спречава прекомерну продукцију, олакшава вођење производње путем визуелних сигнала, повећава флексибилност производње, минимизира неискоришћеност материјала.

3.3. Такт

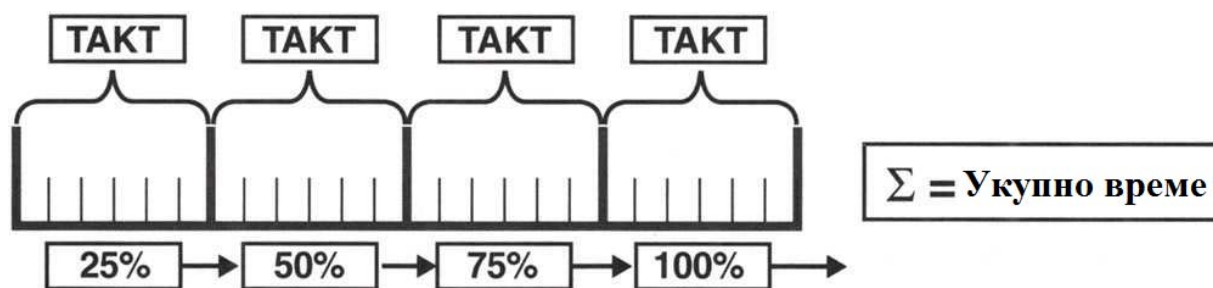
Циљ LEAN производње је да пројектује и оспособи производну линију која је способна да производи различите производе у што краћем временском року са минималним губицима. LEAN заправо покушава да омогући што ефикаснији производни ток са што је могуће мање чекања и застоја током производног процеса.

LEAN производња нема класично планирање производње, него производни план зависи од броја поруџбина купаца. При томе купци имају различите преференце и жеље, којим је потребно удовољити у што краћем временском периоду. То значи да је потребно што више смањити производни циклус.

Ако би посматрали LEAN производни систем као нафтни цевовод, такт би представљао брзину протока нафте. Запрао, такт се труди да успостави ритам излажења готових производа из фабрике. На сваки такт један производ се завршава и једна део операција се завршава [4].

У зависности од броја поруџбина такт се свакодневно мења. Такт се рачуна као количник ефективног капацитета и дневног броја поруџбина, а најчешће се изражава у минутима (или секундама).

Време циклуса производње комплетног производа је знатно веће од времена такта, тако да се све активности у циклусу деле на елементе које су једнаке такт времену. Једна јединица посла (временске величине једног такта) се извршава од стране радника или машине. Делимично завршени предмет рада затим прелази на следеће радно место, где се извршава следећа активност у производном току (исто временске величине једног такта). Предмет рада секвенцијално пролази кроз производни систем све док се све операције не заврше, слика 3.2.



Слика 3.2. Шематски приказ производње по такту [3]

Са правилно одређеним тактом могуће је лако одређивати производни микс, јер је лакше контролисање производних линија, тако што се контролишу уска грла и не дозвољава застој материјала и предмета рада. То се ради тако што се намерно дозвољава да се пропусти такт на неким радним јединицама где може да се процесуира више предмета рада. Када се то ради допушта се другим радним јединицама да заврше посао тако да се редукује и незавршена производња.

Груписање сличних производних просеса и машина у одељења чини класичан процесни приступ производњи. Овакав начин груписања рада олакшава организацију и конторлу инвентара. У већини случајева слични процеси и машине су лоциране у једном делу фабрике.

У већини случајева, такво груписање оставља мало простора за једнаку дистрибуцију капацитета. Оваква дистрибуција капацитета најчешће ствара дисбалансе између производних процеса. Овакви дисбаланси се најчешће испољавају у виду великих количина незавршене производње.

Такт се у LEAN производњи мало другачије одређује јер у LEAN систему постоје одређене активности које се спроводе свакодневно и на недељним основама. Тако су тотално продуктивно одржавање (ТПМ), каизен састанци и састанци у вези безбедности су обавезни делови свакодневне LEAN рутине. Иако, на први поглед, ове активности смањују укупно време предвиђено за рад у смени, оне заправо подижу ефективност система и смању циклус производње [4].

Такт је количник ефективног дневног капацитета и планиране количине:

$$\text{ТАКТ} = \frac{\text{Ефективан број минута по смени} \times \text{број смена}}{\text{Планиран дневна количина производа}}$$

На пример, LEAN постројење дневно ради 8 часова у две смене, мање две паузе за ручак и 30 минута за превентивно одржавање и 15 минута састанка везаног за унапређења у производном процесу (каизен) и безбедност на раду. Ако би тог дана требали да произведемо хиљаду производа добили би да је такт $P=51,5$ секунди. То значи да је

потребно да са производне линије сваких 51,3 секунди сиђе готов производ како би се испоштовао радни план од 1000 комада. Потребно је затим подесити рад, груписати радне операције тако да се могу извршити за један такт. Стога је потребна детаљна анализа временског циклуса машина и њиховог капацитета како би груписање операција било што оптималније.

Следећа битна ставка при рачунању такта је шкарт и производи којима треба доправљање. Ако узмемо да на 1000 комада неког производа А постоји 3% посто шкарта јасно је да производња треба да буде већа од 1000 комада. Ако се узме у обзир да се произведени део уграђује у завршни производ потребно је израчунати колико је шкарта у завршном производу који садржи део који се производи. Ако би на пример узели да је шкарт завршног производа 2% ,рачуница за производњу не би била 1000 него $1052 (1000+3\%)+2\%$) што знатно утиче на дужину трајања такта. LEAN циља ка елиминацији шкарта, али је за тај циљ потребно време.

У производњи такт се поставља као коначни дневни циљ. Ни један производни систем није савршен тако да се често деси да се не произведе број производа који је одређен, услед застоја, отказа и уоченог шкарта. LEAN покушава да својим техникама омогући 0 шкарта и минимизирање застоја и могућих грешака [4].

3.4. Мапирање тока информација и материјала

Ток информација и материјала се у LEAN терминологији назива обједињено ток вредности. Ток вредности је ток свих активности, како оних које додају вредност завршном производу тако и оних које не додају вредност (губитци), које су потребне да се захтев испуни [4].

Карте тока вредности су цртежи које визуализују 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 идеално стање засновано на коришћењу LEAN метода и техника у предузећу.

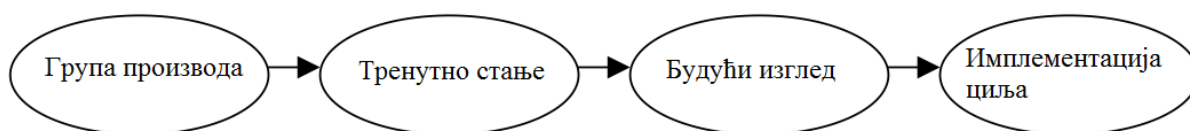
Мапирање се врши како би се лакше сагледао целокупан производни систем а не само једна операција (и њена оптимизација). Када се мапирање изврши лако је увидети ток предмета рада кроз производни процес, а затим и увидети мане и потенцијалне проблеме.

Постоји неколико разлога зашто је техника мапирања тока вредности од есенцијалног значаја за унапређење комплетног предузећа:

- 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 [4].

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. Једноставна матрица која би повезивала производе и машине на којима се изводе операције (за добијање тих производа) би требала бити довољна за једноставно одређивање групе производа за коју ће се вршити мапирање.



Слика 3.3. 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 њихова решења па нацртати цртеж будућег изгледа тока. Када се одреди будући изглед следи план израде и имплементација унапређења тока.

3.5. Интегрисани квалитет (квалитет на изворишту)

3.5.1. Jidoka

Jidoka се у литератури дефинише и као аутоматизација са људском интелигенцијом. Jidoka су апарати који искључују машину, ако дође до грешке на предмету рада. Циљ Jidoke је повећање квалитета производа и смањење трошкова [5].

Корени Jidoke су још из времена кад је Тојота производила аутоматизоване разбоје. Saikichi Тојота је конструисао изум који је детектовао пуцање конца на разбоју, а разбој би, по детекцији, моментално престао са радом. Затим би се утврдило зашто је дошло до проблема и поново покренуо процес. Као и код осталих LEAN елемената једноставна идеја и једноставна имплементација те идеје воде ка битним унапређењима у производњи.

Квалитет треба да буде уграђен у сваки производ, односно у сваки део производа. Да би тако нешто било изводљиво потребан је метод који ће детектовати дефекте, односно грешке када се оне догоде, и истог тренутка зауставити процес. Када је процес заустављен радник може да исправи проблем и не дозволи да производ са грешком настави производни процес. Са обзиром да радник не мора да контролише квалитет производа, јер

то ради Jidoka уместо њега, радник може да ради нешто друго, јер ће производња несметано тећи ако се грешка не појави [5].

За контролу грешака потребно је пројектовати уређаје који се постављају на машине и заустављају је ако дође до грешке при обради предмета рада. Тада радник сигнализира светлима изнад радног места (андон) да је дошло до проблема.

У зависности од проблема зауставља се само машина на којој је уочена грешка. Ако се проблем настави пали се црвено светло и зауставља читава производна линија.

У класичним масовним производњама заустављање производног процеса и целе линије је било строго забрањено. Неисправни делови који би се детектовали, обележавали се и пребацивали на дуго место где би били поправљени.

Оправдање је било да једино ако се искористи 100% расположивог производног времена произвешће се и довољне количине које са довољно нискм ценом.

Парадоксално је да LEAN производња, иако најчешће не користи 100% капацитета продуктивнија од класичних производњи.

Када је Taiichi Ohno имплементирао Jidoka уређаје и LEAN производњу, свакодневно је долазило до заустављања процеса производње услед активирања Jidoka уређаја. Како су се уклањали коренски узроци који су доводили до активирања уређаја, заустављања производње су постајала све ређа и ређа. Како су и радници постајали све обученији и припремљени како да реагују када дође до активирања јидока уређаја, заустављања читавог процеса производње су готово престала да се догађају. Када би долазило до активирања Jidoka, из процеса би се изоловало само радно место где је јидока активирана [5].

3.5.2. Andon светла

Радна места на траци су опремљена светлима која се налазе изнад како би била лако видљива. Постоје три светла, зелено жуто и црвено. Потребно је да светла буду лако уочљива како би помоћ пристигла у што краћем временском року. Када радник наиђе на проблем он укључује жуто светло и сигнализира да постоји проблем. Супервизор тима долази до радног места и поправља проблем ако је једноставан или лако исправљив. У случају да је проблем компликован укључује се црвено светло и зауставља део линије. Супервизори тима су обучени шта и у ком моменту да предузму ако дође до активирања Andon [5].

Монтажне линије су најчешће подељење у сегменте са малим баферима између. Тако да ако дође до заустављања једног дела линије, други део линије још краће време може наставити производњу пре него што остане без предмета рада. На тај начин ретко кад се дешава да се зауставља цела фабрика услед регистрованог проблема. Када су први пут

имплементирали LEAN произвођачи су, када се проблем догоди, гасили комплетну линију што је изазивало велике губитке производње.

3.5.3. Poka yoke

Poka yoke је још једна метода за онемогућавање грешака у производњи. Poka 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 [5].

Poka yoke су уређаји који не дозвољавају да дође до грешке од стране радника. Радници не воле досадне једноставне послове који се свде на понављање одређене операције, али они морају да се ураде. Тада се користе пока уоке уређаји како не би дозволили да се управо на таквим процесима догоди грешка. Ако би узели за пример да је на одређеном радном месту потребно заврнути 6 завртања на неки производ, онда би пока уоке била посуда са 6 запакованих завртања. Уколико остане неки завртањ у посуди значи да производ није правилно обрађен. Ово је најједноставнији пример Poka yoke методе.

Постоје много компликованији Poka yoke уређаји за компликованије операције. Као што су роботизоване сонде за провере квалитета вара или сензори за проверу дубине бушења рупе, али сви уређаји су засновани на истом принципу: отклонити могућност грешке на производу и омогућити апсолутни квалитет.

Са обзиром да LEAN инсистира на брзини оцива предузећа ка захтеву купца, Poka yoke и Jidoka уређаји су једино логично решење јер контрола квалитета проверава производе по завршеној серија а тада је већ касно ако се установи да постоји грешка на производу или неком делу производа. Проблем је зато што у LEAN производњи нема залиха, тако да ако се нађе грешка на производу купац мора да чека нову производњу производа са његовим захтевима.

Poka yoke уређаји најчешће не представљају велику инвестицију, али зато у многеме помажу да се минимизирају варијације производа. Специфичност ових уређаја је у томе што морају бити конструисани тако да не дозволе да дође до грешке у процесу обраде, а једини начин да пројектовање Poka yoke уређаја буде ефикасно је прецизна анализа самих производних процеса и јасан циљ шта жели да се постигне у производњи [5].

Постоји је неколико корака у процесу развијања једног Poka yoke уређаја:

- Описати грешку на производу, односно потенцијалну грешку и израчунати колико често се грешка појављује.
- Одредити машину која генерише грешке на производу и машину где је се те грешке могу открити. Најчешће то није иста машина.

- Иоловати 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 једносоставнијег уређаја. Једносоставни уређаји се мање кваре и једносоставнији су за контролисање [5].

Приликом пројектовања Рока уоке уређеја радници се охрабрују да што активније учествују, јер ти уређаји умногоме олакшавају њихов рад и смањују стрес јер смањују могућност грешке радника. Приликом примене Рока уоке уређаја задовољни су и менаџмент предузећа и радници. Менаџмент јер се смањује варијација у производњи и могућност производње лошег производа. А радници јер су растерећени обавезе да проверавају производе, а новонастало време могу да искористе за рад на другим активностима или за одмор.

3.5.4. SMED

SMED је акроним за Single Minute Exchange Of a Die и означава технику смањења времена промене и калибрирања алата на флексибилним машинама [5].

SMED метода је настала када је дошло до великог проблема код флексибилности производње, у овој истој фабрици, јер је промена неких алата у тадашњој ауто индустрији трајала два, три дана.

То је био велик проблем за пројектовање производног микса и изједначавање односно уједначавање производње.

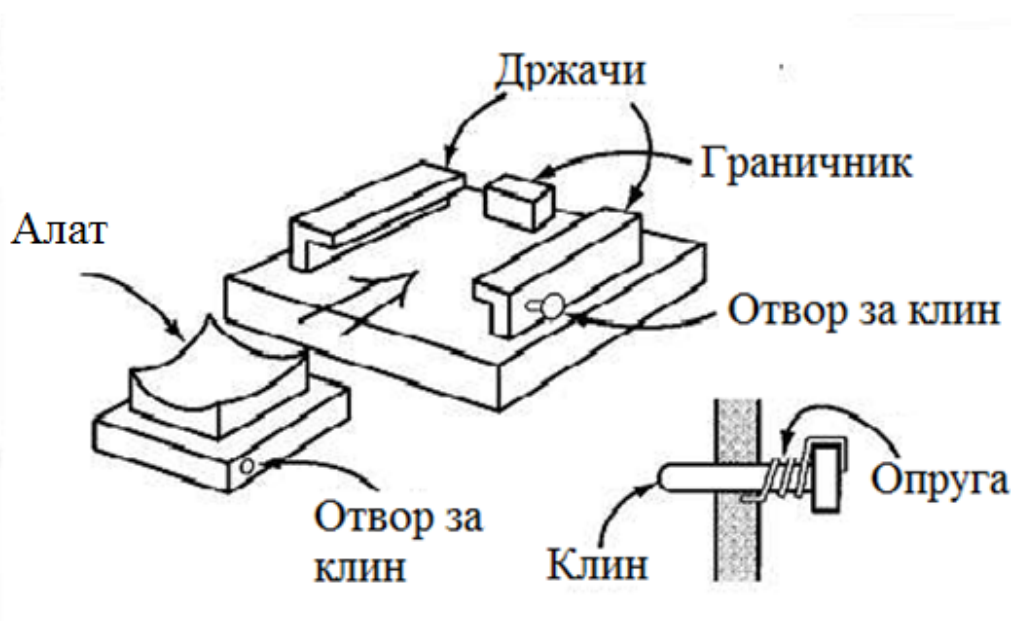
Скраћење временског трајања промена алата је била од изузетног значаја за целу LEAN филозофију, јер да се којим случајем није успело у скраћењу времена, флексибилност система би била умањена, а систем не би био конкурентан масовној производњи.

Промена алата на преси за производњу шасије је представљала највећи проблем, јер је време за промену алата било два дана. Преса је представљала уско грло производње. Преса би морала да произведе довољно делова за производњу у наредна два дана, тек онда би се извршила замена алата и тек онда 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 извлачења би доживео неуспех [5].

Основни проблем је била тежина алата пресе који је износио 16 тона. Тежину није било могуће променити, јер је преса морала да обликује дебео лим једним притиском на површину лима. Алат би се скидао краном, постављао на друго место. Затим би кран

качио други алат дизао га и постављао полако на правилно место. Када би се поставио радници су завртали шrafoве, калибрирали алат, производили неколико серија док се не би добила жељена прецизност пресе. Време постављања алата за пресу је умногоме зависило од спретности радника и руковаоца крана.

Shigeo Shingo је анализирао све операције и успео да смањи промену алата на 16 минута. Прво што је урадио је било постављање два крана како се не би дуплирало време за спушање и подизање горњег дела пресе са алатом [5].



Слика 3.4. Скица поједностављене промене алата [6]

Затим фиксирао покрете крана како би били бржи и прецизнији. Затим је поставио сензоре на доњи део пресе који су сигнализирани да ли се горњи део пресе спушта на одговарајуће место и пројектовао једноставне шrafoве за причвршћивање пресе. После неколико недеља време постављања пресе је спуштено на 16 минута, а унапређењем и рутинизацијом поступка промена је сведена на 10 минута. То је био и циљ SMED-а. SMED не представља буквалну промену алата за минут него за један декадни минут то јест 10 минута [6].

Метода која је коришћена при смањњу времена за постављања пресе је омогућила да време промене свих осталих алата буде умањено. Пронађена су решења у конструкцији, поједностављено је постављање алата и инсистирало се на увежбавању радника и унапређивању њихових техника. На тај начин одзив на купчеве потребе је постао много краћи и флексибилна производња је могла да почне потпуну имплементацију.

3.6. Каизен

Каизен је инкрементално континуирано унапређење процеса у циљу елиминисања губитака у предузећу.

Каизен реч је састављена од две јапанске речи: каи - што значи издвојити и зен - поправити. Како и саме речи објашњавају, потребно је изоловати проблем, анализирати га, решити проблем и затим имплементирати решење. Каизен не циља на фундаментална унапређења процеса, јер је њих јако тешко постићи него на мала али константна унапређења. Мала константна унапређења када се гледају из дужег временског аспекта постижу велике уштеде и велика побољшања у свим процесима у предузећу [5].

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 тим и 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 [5].

Каизен је метода континуираног унапређења коју морају сви практиковати у предузећу. Рока уоке, јидока, 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.

Каизен мора бити пажљиво припремљен, ефикасно вођен и имплементиран ако се желе успешни резултати. Без обзира која врста каизен активности се спроводи, потребно је придржавати се стандардизованог редоследа активности. Ако се активности не спроведу по стандардном одговарајућем редоследу, долази до конфузије и лоших резултата. Време каизен догађаја се може поделити у три велике целине. 40 % времена би требало потрошити на припрему (изолација проблема, употреба статистичких активности), 40 %

на само проналажење решења и 20% времена на имплементацију решења. Принципи каизена су :

- Главна предност предузећа су њени радници
- Унапређење процеса ће се пре десити ако се унапређује по мало него много ођедном
- Унапређења треба имплементирати чим се укаже могућност за то
- Препоруке за унапређење морају бити базиране на квантативним и статистичким методама евалуације процеса [5].

Из ових принципа се лако може направити процедура коју је потребно поштовати сваки пут када се каизен активност спроводи. Као што је већ речено каизен активност се базира на Деминговом кругу квалитета са четири основне активности које треба спровести: планирање, спровођење, провера, закључивање.



Слика 3.5. Редослед активности у каизен догађају [4]

Тим који спроводи каизен мора бити правилно одабран. Тим треба да сачињавају радници који су упознати са процесом где је проблем изолован. Морају да буду заинтересовани за унапређење тако да су неки видови награђивања за успешни каизен догађај добродошли. Тим је потребно едуковати о статистичким и квантативним методама које ће бити корићене за описивање проблема, и методама које ће се користити за решавање проблема. Такође потребно је едуковати тим како да правилно напише извештај и на која питања треба да одговори у извештају. Стнадардна је пракса у LEAN предузећима да особе које учествују у каизен активностима треба ослободити њихових редовних активности (као врста годишњег одмора са њиховог редовног радног места), јер се на тај начин радници фокусирају на каизен и рад у групи [5].

3.7. Тотално продуктивно одржавање (ТПМ)

Откази машина су један од највећих проблема у LEAN производњи. Поузданост опреме у производним постројењима је изузетно значајна јер је довољно да једна машина откаже, па да дође до заустављања целе производне линије. Важан алат за минимизирање појаве отказа у процесу производње је тотално продуктивно одржавање. LEAN производња тежи ка 100% поузданости и доступности опреме.

LEAN производња циља ка елиминисању губитака. Јасно је да је било који вид чекања губитак за предузеће. Такође LEAN производња инсистира на производњи само онога што је купац поручио и производњу порученог производа у најкраћем времену. Отказом машина током производње, не могу се испоштовати дати рокови и предузеће може изгубити купца. Да не би дошло до оваквих губитака уведено је и развијано тотално продуктивно одржавање. Основни елементи тоталног продуктивног одржавања су превентивно и корективно одржавање.

За спровођење превентивног одржавања на машинама задужени су радници који и раде на 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). За остали део одржавања користе се уређаји за дијагностицирање и препоруке произвођача колико често треба мењати неки део. Што је опрема за дијагностицирање прецизнија и лакша за употребу, чешће ће бити и провере машина и умањена шанса за отказ [4].

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 пронађу коренски узроци отказа и елиминишу, како се откази са истим узроком не би поновили. Још један битан аспект корективног одржавања је одређивање особина које треба да поседују машине у производном систему (или које треба набавити). Кључно је да машине могу лако да се одржавају и да се лако могу дијагностицирати њихова тренутна стања, како би радници који их користе што лакше обављали посао.

Тотално продуктивно одржавање је веома тешко за остварити из два разлога. Први разлог је зато што захтева апсолутну посвећеност целог предузећа, а други разлог је време имплементирања јер је за ТПМ потребно дуго времена. Време игра битну улогу јер се током времена имплементације ТПМ-а добијају:

- 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 [4].

Тотално продуктивно одржавање покушава да повећа укупну ефикасност опреме. Основна формула за израчунавање укупне ефикасности опреме је :

$$\text{Укупна ефикасност опреме} = P * K * U$$

P = расположивост

K = коефицијент учинака

U = учешће добрих производа

Произвођачи светске класе имају најмање 85 % укупне ефикасности опреме. Таква предузећа имају најмање: расположивости опреме од 90 %, коефицијента учинка од 95% и учешћу добрих производа од 99% што износи свеукупно 84,6%.

Постоји шест основних губитака које смањују ефективност система а које тотално продуктивно одржавање покушава да елиминише:

Губици застоја - отказа	Изненадни откази
	Постављање и подешавање опреме
Губици ефикасности (брзине рада)	Празни ходови и мали застоји
	Смањење стварне брзине рада
Грешке у процесу	Отклањање грешке у току радне операције
	Губитак због калибрирања прве серије

Табела 1. Основни губитци ефективности

Тотално продуктивно одржавање је децентрализовано што такође отежава имплементацију ако токови информација у предузећу нису савршени. Резервни делови, као нужно зло предузећа се код децентрализованих организација могу дуплирати услед лоше делегације одговорности за тимове и недостатка повратних информација када се процес одржавања обави.

3.8. Пет „S“

Пет S је је скуп правила за организовање радног места сваког радника. Циљ је да свако радно место буде организовано тако да буде максимално ефикасно и убрза и олакша рад раднику. Пет S је сигурно најпрепознатљивија техника LEAN концепта, јер ју је најлакше применити и резултати бивају видљиви готово тренутно. Преко пет S правила организовања радног простора најлакше се свим запосленима објашњава читава LEAN филозофија елиминације губитака у предузећу [4].

Пет S има за циљ да максимално рационализује простор предузећа и да елиминише непотребне покрете радника тако што ће сав потребан алат бити на свом месту, јасно обележен и уочљив, чист и увек спреман за употребу. Следећи циљ Пет S је да радници

сами воде рачуна о свом радном месту и машинама на којим раде и на тај начин допринесу тоталном продуктивном одржавању.

Пет S спроводе тимови, и редовна је пракса да менаџери оцењују и награђују најбоље тимове на месечном нивоу. 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).

LEAN потиче из јапанског језика тако да пет јапанских речи на слово S описују начела Пет S технике: Seiri - послушност, Selton - уредност, Selso - чистоћа, Seiktau - савршенство и Shitsuke - дисциплина.



Слика 3.6. Техника пет S

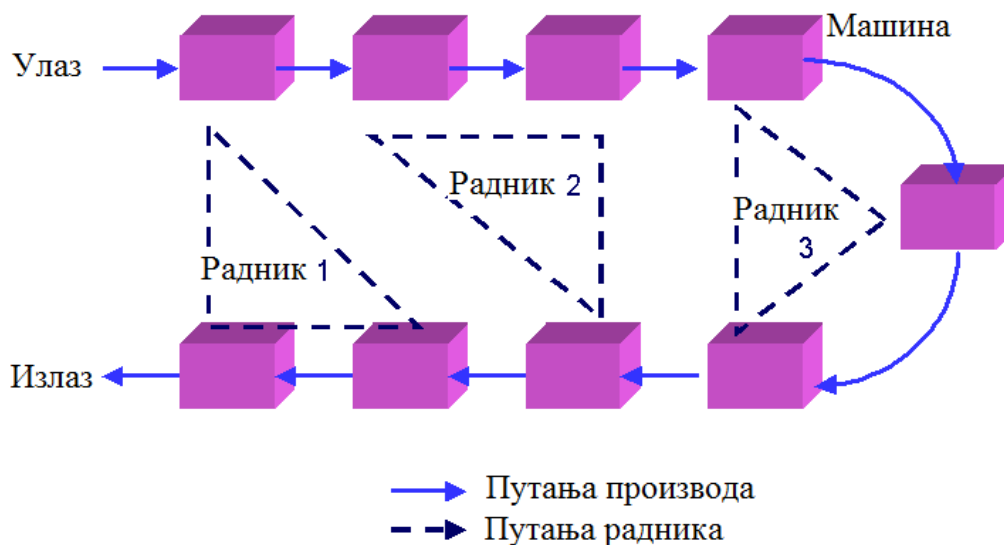
Како је LEAN практикован широм света, усвојена је још једна дефиниција речи на енглеском језику. Значење је готово исто, али се у литератури чешће среће подела на енглеском језику:

- Сортирај (Sort) - Сортирај и распореди алате. Сортирај тако што се алати који се често користе стављају на дохват руке, а они који се не користе често се постављају даље.
- Послажи (Straighten) - Послажи ствари које су битне тако да им буде лак приступ. Циљ је да се минимизира број покрета које радник 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 како би се одмах увидело да ли неки алат није на месту.

- Очисти (Scrub или Shine) - Редовно чисти машине и радна места тако да се минимизирају проблеми везани за нечистоћу. У неким индустријским процесима, прашина је један од узрока лоше површине производа или запрањаности нанесене боје. Да би се прашина лакше уочила LEAN фабрике најчешће фарбају подове у светле боје и побољшавају изворе светлости унутар фабрике.
- Стандардизуј (Stabilise или 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.
- Одржавај (Sustian) - Одржавај културу пет S међу радницима. Одржавај едукацију и учини да пет S постане део корпоративне препознатљивости [4].

3.9. Радне јединице

Радне јединице су основ ефективне производње у производним погонима LEAN фабрика. Радне јединице су група машина и радника (који раде на тим машинама) тако распоређених да се оствари непрекидни ток, слика 3.7. После увежбавања и навикавања међу радницима у радној јединици ствара се синергетски ефекат и скраћује циклус производње једног производа. Радне ћелије су најчешће у облику латиничног слова U, јер су се такве показале најфлексибилније за рад.



Слика 3.7. Шема радне јединице [4]

Наравно, није могуће свуда поставити радне јединице у облику слова U. Тамо где не могу да се организују радне јединице, потребно је покушавати да се одржи непрекидни ток. Некад није могуће поставити ни непрекидни ток, тада се производи по старом принципу, пазећи да не дође до прекомерне производње путем канбан система.

Циљ радних јединица је да предмет рада, чим буде обрађен од стране једног извршиоца пређе (путем покретне траке или дизалице) на следећу машину или тачку обраде, затим одмах на следећу и тако све док се не добије готов производ. Посебно су погодне радне јединице у облику слова U јер минимизирају кретање радника унутар јединице, и омогуће је да радници раде на више машина. То није лако постићи из више разлога. Основно је што радници најчешће одбијају да раде на више машина сматрајући да имају више после [4].

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 изворишту, брзине промене алата и тоталног продуктивног одржавања од изузетне важности, 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 међу радницима је олакшано због близине и због неопходног испомагања међу радницима. То се најбоље види код завршне уградње у ауто индустрији где радници једни другима помажу при монтирању теже и гломазне опреме у шасију аутомобила. Неопходно је обучавати раднике и неговати добре односе у тимовима. Само на тај начин ће радне јединице бити довољно ефикасне [4].

Потребно је делегирати одговорности, поспешити токове информација међу радницима, а при томе и даље тежити ка константном унапређењу, елиминисању губитака и унапређењу процедура.

4. Принципи имплементације и примена LEAN концепта

4.1. Принципи LEAN концепта

1. Дефинисати вредност - Прво што је потребно урадити је дефинисати вредност производа, и интерно и екстерно. То значи да вредност производа мора да буде дефинисана из аспекта предузећа и купца. Посебно је битно одредити вредности за купца. Ако производ поседује квалитете који купцу не представљају додатну вредност, купац неће бити заинтересован за производ. Потребно је анализирати потребе купца, и особине производа које ће у највећем проценту одговорити на потребе купца. Затим је потребно одредити који процеси додају вредност производу а који не. Процесе који не додају вредност додатно испитати и одредити да ли су неопходни, или прећи на њихову елиминацију. Што више особина производа које купци препознају као квалитет, више задовољних купаца што аутоматски значи и већа шанса за раст и развој предузећа.

2. Идентификовање тока вредности - Потребно је поделити људе у тимове, објансити циљеве, обучити и дати временски рок. Циљ у овом делу имплементације је да се одреде групе производа, и да се мапирају токови вредности са што више детаљних квантитативних информација о процесу (производње). Квантитативне информације укључују време трајања операција, време потребно за читав технолошки циклус, капацитет машина, време трајања операције од стране радника, чекање, припремно завршно време, време транспорта, ток информација итд. Када се информације прикупе потребно је нацртати слику (карту) тока вредности. тачно онако какав је ток са свим мањкавостима и проблемима.

3. Пројектовање непрекидног тока и имплементација - После мапирања тока вредности потребно је сагледати процес за сваку групу производа и добро анализирати читав процес. Потом је потребно одредити такт производње и на основу такта пројектовати непрекидни ток. Непрекидни ток треба да у што већој мери задовољава принцип преласка предмета рада са операције на операцију, тако да се елиминише време предмета у процесу рада које не додаје вредност производу. Затим је потребно пројектовати радне јединице где год је то могуће придржавајући се правила о непрекидном току. Када се направи мапа будућег непрекидног тока треба одмах кренути са имплементацијом.

4. Принцип вучења - Поштовати принцип извлачења, односно не дозволити да дође до прекомерне производње. Прекомерна производња коа фундаментални губитак утиче на све процесе, тако да се треба трудити да се једино добијене наруџбине производе.

5. Савршенство - Ово заправо и није корак већ константа LEAN предузећа. Треба унапређивати све процесе, и све функције предузећа. Прво је потребно унапредити

непрекидни ток, све процесе у непрекидном току. Смањити времена операција како би одговарале такту, повећати квалитет путем каизен унапређења. Пројектовање пока уоке и јидока уређаја је следећи корак уз константну примену пет S правила о чистоћи, уредности и визуалности свих постројења и свих процеса. У LEAN предузећу је одговорност за савршенство делегирана на све запослене, јер само тако ће се предузеће и заиста кретати ка савршенству [4].

4.2. Примена LEAN концепта

Примена Just in Time логистичког система у набавци аутомобилске индустрије BMW

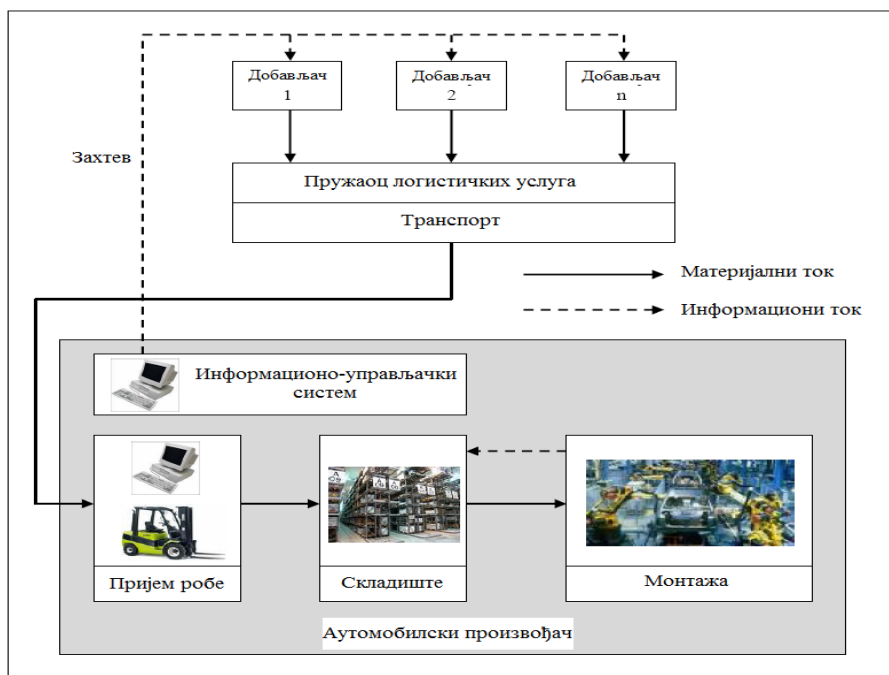
Ефикасан поступак снабдевања аутомобилског произвођача неопходним компонентама, захтева примену одређених логистичких концепата за потребе планирања залиха, устројства интегрисаног информационо-управљачког система, као и константно спровођење различитих форми набавке. У аутомобилској индустрији се принципијелно разликују две форме набавке компоненти:

- Традиционална форма набавке, и
- Just in Time систем.

Традиционална форма набавке се заснива на једном централном складишту, из ког се снабдева производни процес. Применом информационо-управљачког система се планирају потребе за одређеним компонентама, на основу чега се добављачима шаљу захтеви за испоруку, при чему величина и фреквенција испоруке обично нису константне и унапред дефинисане. У том случају најчешће сами добављачи ангажују шпедитера, који пружа једноставне логистичке услуге превоза. Уколико се добављач налази у непосредној близини произвођача аутомобила, често самостално, односно у сопственој режији спроводи транспортне активности [8].

Ова форма набавке је била карактеристична за почетне фазе развоја аутомобилске индустрије, док је у савременим условима готово сасвим потиснута. Пошто је у организациону структуру интегрисано велико централизовано складиште, традиционална форма набавке се одликује високим трошковима држања залиха и слабије диверсификованим информационо-управљачким системом, који је био прилагођен за дужи производни, и самим тим животни циклус аутомобила у односу на савремене услове.

Насупрот традиционалном Just in Time систем подразумева елиминацију или свођење на минимум нивоа залиха, на тај начин што се набавка компоненти спроводи синхронизовано са производним процесом. Како би се овај систем набавке успешно имплементирао, неопходно је задовољење одређених услова, који се односе на избор компоненти погодних за Just in Time систем, егзактно планирање свих набавних активности, висок квалификациони ниво запослених, континуитет процеса производње, као и довољну временску дистанцу од утврђивања потребних залиха до њихове набавке [8].



Слика 4.1. Традиционална форма набавке у аутомобилској индустрији [8]

У аутомобилској индустрији су то најчешће компоненте високе разноврсности и комплексности, чије би складиштење проузроковало високе трошкове, односно:

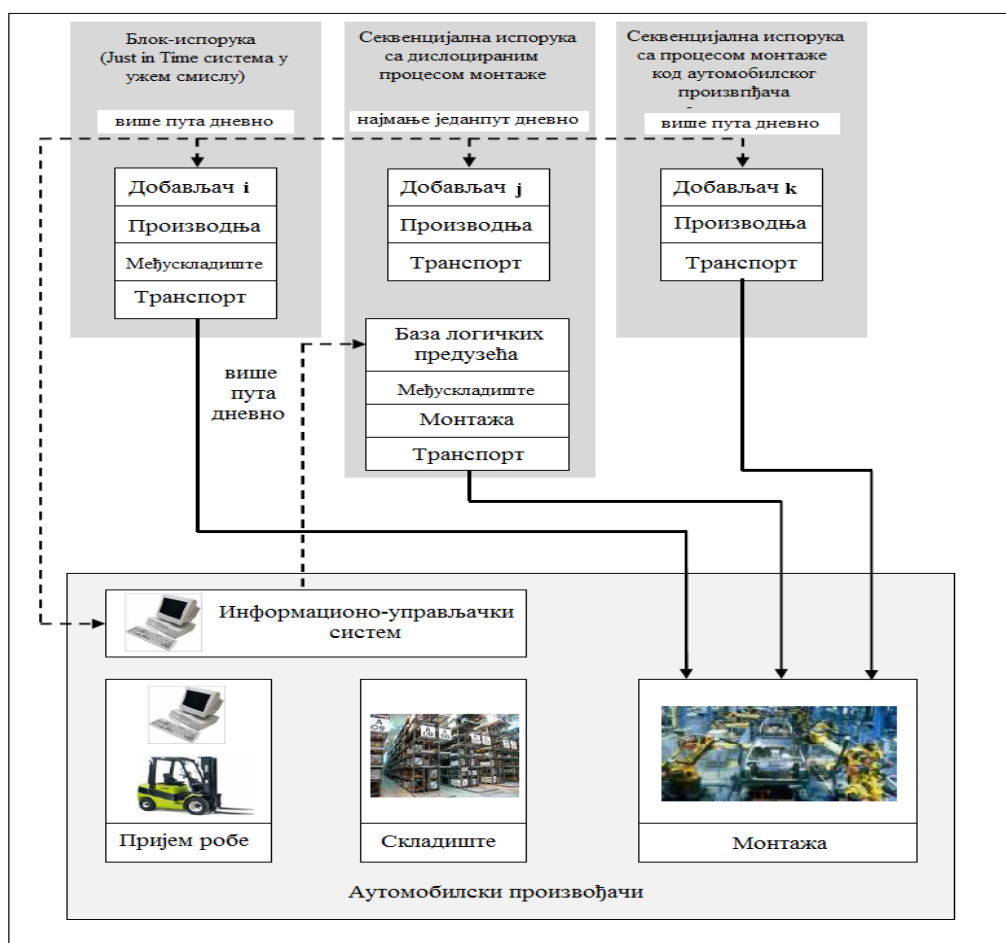
- Елементи система погона (мотор и мењач),
- Осовински елементи и компоненте вешања,
- Модули кокпита (инструмент табла и конзола са пратећим елементима),
- Седишта,
- Врата и хаубе,
- Сплетови каблова,
- Предњи и задњи модули (амортизери, фарови, хладњак, итд.) [8].

Применом Just in Time система се генерално разликују три концепта:

- Палетна испорука (Just in Time систем у ужем смислу),
- Секвенцијелна испорука, са дислоцираним процесом монтаже, и
- Секвенцијелна испорука са процесом монтаже код аутомобилског произвођача [8].

Применом тзв. блок-испоруке се добављачу неколико пута дневно шаљу захтеви за испоруку одређених компоненти, које се након краћег међускладиштења транспортују директно у монтажни процес аутомобилског произвођача. Испорука треба да покрије потребе монтажног процеса у трајању од више часова, при чему не постоји потреба за сортирањем компоненти по одређеним критеријумима. Компоненте типичне за овакав начин испоруке у аутомобилској индустрији су обично оне са нижим стетпеном

разноврсности, које захтевају одређени простор за припрему пре уласка у монтажни процес, и то су најчешће акумулатори, алтернатори, стакла, итд. Секвенцијална испорука (Just in Sequence), означава испоруку одређених компоненти аутомобилском произвођачу, у одређеним временским размацама, директно у процес монтаже. Код секвенцијелне испоруке са дислоцираним процесом монтаже (обично више од 50 километара од аутомобилског произвођача), добављач прима од информационо-управљачког система произвођача најмање једанпут дневно информације о потребним количинама одређених модула и система. Збор релативне географске удаљености, добављач у својим погонима спроводи монтажу компоненти у жељене модуле и системе, и транспортује их у великим количинама у логистички центар, који се налази у непосредној близини аутомобилског произвођача, након чега се врши сортирање и директна испорука монтажном процесу. Овај концепт је најчешће примерен за испоруку система погона, односно мотора и мењача [8].



Слика 4.2. Just-in-Time систем набавке у аутомобилској индустрији [8]

Трећи концепт Just in Time система, секвенцијелна испорука са процесом монтаже код аутомобилског произвођача, долази до изражаја када је добављач релативно близу

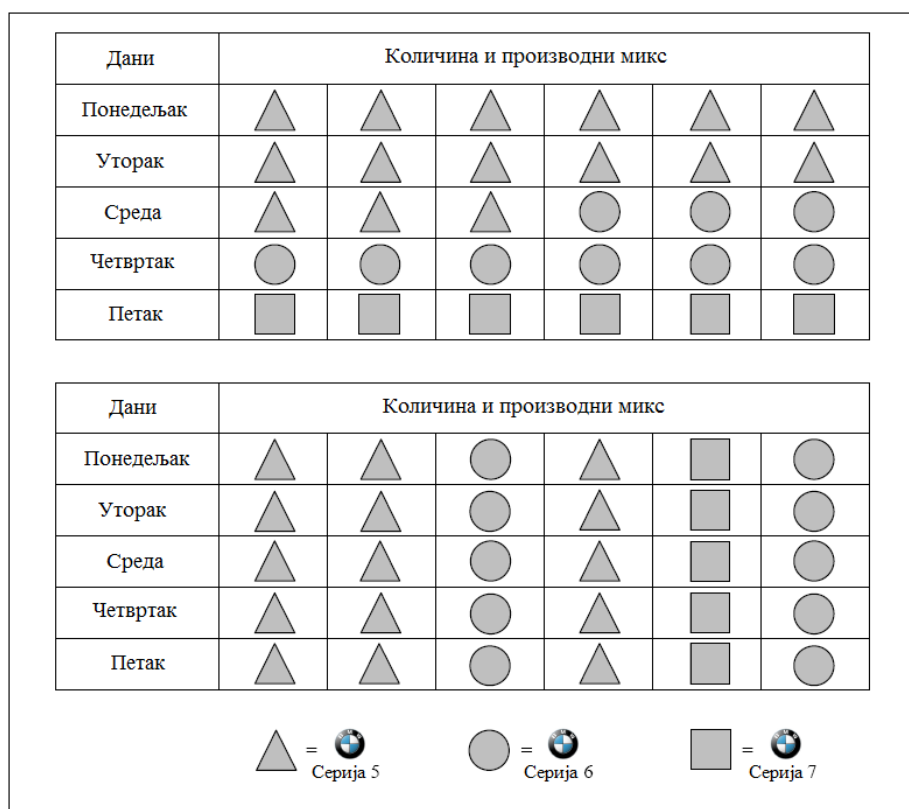
аутомобилском произвођачу. У случају BMW-овог производног погона у München-у, најкарактеристичнији случај за овај концепт је испорука модула гарнитуре седишта, од добављача Leag. Наиме, добављач овог модула добија од произвођача детаљан захтев са пратећим информацијама о структури монтажног процеса, величини испоруке и моменту када она треба да крене. Тај захтев обично пристиже у тренутку када каросерија напушта одељење лакирнице и преноси се на монтажну траку. Од тог момента, добављач Leag на располагању има пет часова за комплетирање седишта у свом погону у Garchingu. Након комплетирања, директно на монтажну траку BMW-овог погона у München-у ће на сваких 45 минута пристизати по једна испорука са 18 гарнитура седишта, у специјалним контејнерима погодним за аутоматски истовар, натовареним на камионе. Након истовара, гарнитуре седишта се помоћу интерног транспортног система преносе директно на траку одељења финалне монтаже. Такође, сви подаци о извршеним испорукама се аутоматски региструју у информационо-управљачком систему аутомобилског произвођача. Такође је чест случај да једноставније монтажне активности, које припадају завршном процесу производње аутомобила (то су најчешће активности које спадају у домен декора, као што је тапазирање врата), могу обављати и сами пружаоци логистичких услуга. На тај начин се код добављача избегава складиштење модула великих димензија и разноврсности, који настају из одређених компонента, применом једноставног монтажног процеса [8].

Редукција трошкова производног процеса применом Just in Time и Канбан система

За редукцију производног циклуса у аутомобилској индустрији, велики значај има обезбеђење следећих услова:

- Успостављање партнерства између произвођача аутомобила и њихових добављача. Другим речима, произвођачи морају добављачима да гарантују стабилну потражњу за неопходним компонентама, док добављачи треба да обезбеде сигурност у снабдевању, која подразумева жељени ниво квалитета, уговорене цене и правовременост испоруке.
- Креирање одређеног профила запослених. Од запослених у савременој аутомобилској индустрији се очекује да, поред обављања производних, преузму и одређене активности у вези са доприношењем побољшању самог производног процеса и кооперацији у доношењу одређених одлука. Спровођење таквих активности захтева креирање жељеног профила запослених, што подразумева извесну обуку и обично рад у мањим групама.
- Обезбеђење континуираног материјалног тока у производном процесу. Један од главних задатака континуираног материјалног тока у производном процесу је свођење залиха на минимум. Значајан инструмент за постизање тог циља је адекватно одржавање постројења, како би се њихово оперативно стање постигло у што краћем временском периоду, и спречиле сметње у функционисању, које могу довести до појаве уских грла.

- Уједначење производног процеса. Овим условом се захтева уједначење, односно нивелирање производног процеса, како у вези са количином, тако и у вези са производним миксом. Овај услов је у својеврсној супротности са чистим континуираним током производног процеса („One-Piece-Flow“), јер он захтева производњу која није у потпуној сагласности са актуелним редоследом пристизања захтева од купаца, већ са збирним захтевима за један одређени временски период, који најчешће износи седам дана. Заправо, главни пробелм чистог континуираног тока производног процеса се састоји у томе да захтеви купаца не пристижу континуирано, тако да се условљава неравномерна производња. Рецимо, уколико у понедељак пристигне дупло више захтева за производњу модела BMW серије 5, него у уторак, то значи да се запосленима у понедељак мора платити прековремени рад, док се у уторак могу раније отпустити са посла. Како би се производња уједначила, потребно је све сагледати све захтеве купаца, и онда одредити адекватни производни план за целу недељу. Уколико се претпостави да су пристигли захтеви за производњу петнаест модела BMW серије 5, десет модела BMW серије 6 и пет модела BMW серије 7, онда би чиста примена континуираног тока производног процеса изгледала као у горњем делу приказа 4.3 [8].



Слика 4.3. Чист и уједначени континуирани ток производње [8]

Модели BMW серије 5 бележе најбољу продају, односно за њих купци достављају највише захтева, па се због тога они прово производе (од понедељка до среде). Након тога следи преусмеравање постројења за производњу модела BMW серије 6 (од среде до четвртка). Најмање захтева купаца пристиже за модел BMW серије 7, и због тога се он последњи производи (петак). Чист континуирани ток производног процеса има бројне недостатке, од којих су најважнија следећа три:

- Стварање залиха и раст трошкова складиштења. Уколико у току недеље пристигне велики број захтева за производњом једног модела, и преусмеравањем постројења само за његову производњу, може доћи до стварања прекомерног нивоа залиха и раста трошкова складиштења. Осим тога, захтеви купаца за одређеним моделом аутомобила су подложни сталним варијацијама, што изазива знатне потешкоће самим добављачима при испоруци жељених компоненти. Другим речима, добављачи морају бити стално у приправности и рачунати на најгори могући сценарио по њих. Заправо, варијације у захтевима купаца могу да проузрокују тешкоће у целокупном ланцу стварања вредности, пошто се свака претходна фаза налази под притиском налога за спровођење одређених активности од стране наредне фазе, што изискује стварање тзв. Сигурносних залиха на сваком нивоу производног процеса.
- Неуједначена употреба ресурса. Сваки модел серије BMW захтева употребу различитих компоненти, при чему је монтажни процес серије 7 најинтензивнији, јер је реч о најкомплекснијем моделу. На тај начин се почетком недеље (производња серије 5), изискује мање комплекснији производни процес у односу на петак, што може изазвати чешћу појаву непродуктивних активности, и несразмерно оптерећење радника и постројења.
- Појава непродуктивног рада, односно обављање активности које не доприносе увећавању вредности коначног производа. Након завршетка производње једног модела аутомобила, неопходно је постројења реорганизовати, односно преусмерити на производњу другог модела, што изазива исвесни застој у производном процесу, који може трајати неколико часова. Дакле, у том периоду радници спроводе непродуктивне активности, које ипак морају бити плаћене, што доводи до увећања трошкова и коначног смањења продуктивности [8].

Рока јоке у аутомобилској индустрији BMW

Генерално, сви рока јоке системи спроводе две врсте управљачких функција:

- Деловања, и
- Упозоравања.

У случају наступања одређених неправилности у производном процесу, рока јоке обавља функцију деловања тако што се целокупна постројења, или најчешће само одређена производна линија искључује, чиме се спречава настанак серијских грешака. На овај начин се омогућава релативно брзо уочавање и елиминација извора дефекта. Насупрот томе, функцијом упозоравања се производном персоналу, одређеним звучним или светлосним сигналом скреће пажња на настанак дефеката. Ова управљачка функција рока јоке система је мање делотворна од претходне, пошто може да дође до превида сигнала и наставка производног процеса, што узрокује настанак серијских дефеката, чиме је знатно отежано идентификовање узрока проблема. Зависно од типа примењеног уређаја за испитивање производног процеса, генерално се разликују три врсте рока јоке система, који су засновани на:

- Контакту,
- фиксним, односно константним вредностима, и
- редоследу активности [8].

Рока јоке систем заснован на контакту, идентификује одступања у производном процесу путем сензора који мере одређене карактеристике (величина, тежина, ширина, итд.) радног материјала, односно компоненте. Ова врста рока јоке система у аутомобилској индустрији налази изразиту примену приликом пресовања елемената каросерије, чије се димензије и тежина лако могу измерити и утврдити евентуална одступања. Насупрот томе, рока јоке систем заснован на фиксним, односно константним вредностима, испитује број спецификованих активности, које је неопходно спровести ради обраде одређене компоненте. Другим речима, овај систем се служи једноставним бројањем одређених производних операција и добијену вредност упоређује са унапред задатим вредностима. Овај поступак је карактеристичан за спајање каросерије, путем варења или нитновања одређених елемената. У том контексту, постављени уређај броји операције постројења, која постављају шавове или нитне за спајање елемената каросерије, и упозоравају или обустављају производни процес уколико настане одступање. Коначно, рока јоке систем на бази редоследа активности испитује ток одређених поступака у производном, односно монтажном процесу. Редослед активности је изразито значајан код модула и система високе комплексности, код којих би изостављање једног елемента довело до неупотребљивости читавог склопа. Уређаји за испитивање редоследа активности су у аутомобилској индустрији нарочито присутни код монтаже система погона, односно мотора и мењача [8].

6. Закључак

Овим радом су обухваћене и објашњене основне методе и технике LEAN концепта. Њиховом имплементацијом предузећа би у многоме повисила ефикасност и продуктивност. То би сигурно допринело и њиховој конкурентности на међународном тржишту.

Редослед увођења LEAN концепта у предузеће је дат оквирно, јер ни једно предузеће није исто, тако да је увек потребно прилагодити имплементацију предузећу. Потребно је истаћи да методе и технике LEAN концепта нису компликоване, али траже апсолутно посвећење свих запослених у предузећу како би се постигла потпуна корист од имплементације.

Потребно је нагласити да је LEAN концепт континуиран процес, и да се цела филозофија предузећа мора прилагодити константном унапређењу процеса и елиминисању губитака у предузећу. Једино на тај начин ће предузеће имати дугорочне бенефиције од LEAN концепта.

Важно је истаћи да сва предузећа (и производна и услужна) 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.

Потребно је нагласити да, и поред свуда примењивог LEAN концепта, тренутно LEAN концепт има највећу експанзију у медицинским установама. Болнице, медицински центри и домови здравља уводе LEAN концепт и каизен методу унапређења, како би елиминисали губитке, а самим тим смањили трошкове и чекање пацијената. LEAN концепт се користи за скраћење времена припреме операционих сала, тоталном продуктивном одржавању скупих апарата за дијагностику и рентабилности наручивања одређених лекова.

7. Литература

- [1] Регодић Д., Јовановић С., Станкић М., LEAN производни системи и реактивност ланца снабдевања, Факултет за пословну информатику, Бијељина 2009.
- [2] Dennis P. Hobbs, LEAN Manufacturing Implementation: A Complete Execution Manual for Any Size Manufacturer, J. Ross Publishing 2004.
- [3] Dr. Ian Wedgwood, Lean Sigma: A Practitioner's Guide, Prentice Hall 2006
- [4] Зеленовић Д., Технологија организације индустријских система - предузећа, Факултет техничких наука, Нови Сад 2005.
- [5] Радичев С., Ристић Н., Радошевић М., Баошић М., LEAN концепт - интегрисани квалитет, Факултет техничких наука, Нови Сад 2010.
- [6] Hideo Ozaki, Kaizen strategies and activities, Toyota financial services, 2005.
- [7] Тркуља З., Уређење LEAN концепта помоћу платформе производне изврсности, Операциони менаџмент у функцији економског раста и развоја, Београд 2011.
- [8] Марјановић В., Концепт управљања циклуса производње са имплементацијом у савременој аутомобилској индустрији, Универзитет Сингидунум, Београд 2008.