

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Индустијски инжењеринг

Предмет: Инжењеринг одржавања

Број индекса: 149/2015

Душан Д. Вуковић

Тотално продуктивно одржавање као алат Lean производње

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Иван Мачужић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба обради основне теоријске поставке концепта и стратегије тоталног продуктивног одржавања (Total Productive Maintenance TPM). Кроз приказ историјског развоја овог метода и приступа одржавању техничких система описати основне разлоге који су довели до његовог креирања и развоја, његово порекло и иницијалне области примене као и правце ширења и развоја у форми интегрисане стратегије за управљање индустријским процесима.

Приказати основне принципе и карактеристике коцепта тотално продуктивног одржавања, пиларе система и њихове основне карактеристике и алате. Описати основи алгоритам и кораке у имплементацији тотално продуктивног одржавања. Дефинисати бенефите који се могу очекивати кроз развој и имплементацију концепта у једном предузећу као и препреке које се могу појавити.

Препоручена литература:

[1] Seiichi Nakajima, Introduction to TPM: Total Productive Maintenance Productivity Press, 1988.

[2] Dennis McCarthy, Lean TPM, Second Edition: A Blueprint for Change, Butterworth-Heinemann, 2015.

[3] Ortiz, Chris A, The TPM Playbook: A Step-by-Step Guideline for the Lean Practitioner, CRC Press, Portland, 2016

[4] Willmott P., TPM - A Route To World-Class Performance, Elsevier, 2001.

Крагујевац, мај 2019.

Ментор:
Др Иван Мачужић

Садржај:

1. Увод	2.
2. <i>Lean</i> производња	4.
2.1. Идентификовање губитака у <i>Lean</i> производњи	4.
2.2. Принципи <i>Lean</i> производње	5.
2.3. Алати <i>Lean</i> производње	6.
3. Преглед типова одржавања	15.
3.1. Корективно одржавање	16.
3.2. Превентивно одржавање	16.
3.2.1. Превентивно планско одржавање	17.
3.2.2. Превентивно одржавање према стању	17.
3.3. Проактивно одржавање	18.
4. Тотално продуктивно одржавање	19.
4.1. Припремни кораци имплементације ТРМ-а	21.
4.2. Имплементација ТРМ-а и аутономно одржавање	24.
4.3. Резултати примене Тоталног продуктивног одржавања	32.
5. ЈРМ и ТРМ награде	35.
6. Закључак	37.
7. Литература	38.

ABSTRACT:

This paper presents the most important elements of Lean production. An explanation of Lean's goals, identification of losses, and the basic tools and methodologies prescribed by this management concept, such as '5S', Bottleneck Analysis, Andon, Jidoka, JIT and SMED, are outlined. The concepts of corrective, preventative and proactive maintenance are briefly presented. Then, the concept of Total Productive Maintenance - TPM is described along with the preparatory steps before its implementation. Then, the steps of implementing autonomous maintenance, improving the efficiency of equipment - OEE, and other steps are presented and analyzed. Some of the more successful examples of TPM implementation and changes in the effectiveness of equipment and other parameters before and after this concept are shown. Finally, the Japanese Institute of Plant Maintenance - JIPM award system is presented along with the elements of evaluation for the most significant TPM award level.

Keywords: *Lean, " 5S ", Total Productive Maintenance - TPM, Overall Equipment Effectiveness - OEE , Japanese Insitute for Plant Maintenance - JIPM*

РЕЗИМЕ:

У овом раду су представљени најбитнији елементи Lean производње. Дато је појашњење циљева Lean-а, начина идентификовања губитака и побројани су основни алати и методологије, које прописује овај концепт управљања, попут алата "5S", Анализе уских грла, Andon, Jidoka, JIT и SMED. Укратко су представљени концепти корективног, превентивног и проактивног одржавања. Затим је описан концепт Тоталног продуктивног одржавања – TPM и наведени су припремни кораци пре његове имплементације. Затим су наведени и анализирани кораци имплементације аутономног одржавања, побољшања ефикасности опреме – ОЕЕ, и приказани остали кораци. Представљени су неки од успешнијих примера примене TPM-а и промене ефикасности опреме и осталих параметара пре и после примене овог концепта. На крају је представљен систем награђивања Јапанског института за одржавање фабрика – JIPM и наведени су елементи, чија се евалуација врши, при разматрању за најзначајнији ниво TPM награде.

Кључне речи: *Lean, "5S", Тотално продуктивно одржавање TPM, Ефикасност опреме ОЕЕ, Јапански институт за одржавање фабрика JIPM*

1. Увод

Савремени услови пословања пред организације постављају изазове попут глобализације тржишта, климатских промена, социјалних проблема и других изазова, чије решавање захтева приступе знатно другачије од традиционалних. [1] За традиционалне приступе подразумевају се приципи, које је установио Фредерик Тејлор 1911. године. Након великог броја година, проведених у различитим инжењерским компанијама, Тејлор је закључио да постоје 4 принципа научног менаџмента: замена произвољних метода научним студијама специфичних радних задатака; одабир, едукација и усавршавање сваког запосленог је императив; осигуравање да се научно-развијене методе примењују; осигуравање да менаџери примењују конкретне научне принципе менаџмента при планирању радних задатака. [2]

Иако се његова дела сматрају за неке од најреволуционарнијих идеја, везаних за кооперативни менаџмент 20. века, приписују му се и велике замерке због необјективности при спровођењу истраживања, неоптималне поделе радних задатака и нехуманих услова за рад, што је оцена комитета Конгреса Сједињених Америчких Држава из 1913. године. Традиционални приступ се у великој мери ослања на централизацију, а примену је нашао у већини организација. Иако присутан у великој мери, овај приступ је застарео, ако се у обзир узму тренутна социјална, културална и економска ситуација. Бирократска централизација инсистира на јасној подели између задужења, радних задатака и производње. Основне карактеристике овог приступа су: хијерархијски ланац контроле, једносмерна комуникација и социјално-просторна подела. [1]

У намери да се превазиђу поменута ограничења традиционалних приступа, а на основу петогодишњих истраживања, спроведених у Јапану и САД-у, Џејмс Вомак, Данијел Џоунс и Данијел Рус, истраживачи Масачусетског технолошког института (МИТ), објавили су књигу 1990. године са насловом „Машина, која је променила свет“. Ефикасну производњу, у компанији Тојота, називају *Lean* производњом (енг. *lean* – мршав, витак). У књизи су, између осталог, дати компаративни примери јапанске и америчке аутомобилске индустрије, што је јасно показало да је јапански начин производње знатно ефикаснији. Јапанска компанија Тојота постигла је већу продуктивност користећи мање ресурса, тј. мање инвентара, простора, труда и мање временаведеног при развоју производа. [3]

Овај начин производње конципиран је на стварању веће вредности уз мање уложених ресурса. За разлику од Тејлоровог модела, *Lean* производња фокусира се на већој посвећености људи и што већем искоришћавању људских потенцијала, као и поштовању људи и њихових вештина. [1] За *Lean* производњу се користи и термин енгл. *Toyota Production System (TPS)*, срп. Производни систем компаније Тојота.

Од почетка индустријске револуције и појаве првих сложенијих техничких система до почетка четрдесетих година 20. века одржавање је сматрано за неизбежни трошак а једино одржавање, које је било примењивано, било је корективно. Када би се технички

систем нашао у стању отказа, техничка служба је имала за задатак да систем врати у првобитно стање. У то време, при дизајнирању техничких система, одржавању није придавано много значаја. Са појавом операционих истраживања током Другог светског рата и касније примене истраживања у индустрији, почело је да преовладава превентивно одржавање. Операциона истраживања су годинама еволуирала, а са њима и облици одржавања. Примена превентивног одржавања била је неопходна у свим индустријама, које су захтевале извршност свих делова производње, између осталог и у авио-индустрији САД-а. Како је време пролазило, а стандарди производње расли, овај вид одржавања почео је да кошта све више и више и у једном тренутку је постао неисплатив. Опсежним анализама новонасталога стања оформљен је нови вид одржавања енг. *Reliability Centered Maintenance (RCM)*, срп. Одржавање засновано на поузданости. У овом приступу, одржавање се спроводи на нивоу компоненти а ниво одржавања зависи од поузданости дела и последица, које могу настати уколико се део нађе у стању отказа. Основ *RCM* одржавања представља правило да се активности одржавања спроводе тек након што се установе последице отказа (безбедносне, економске, операционе и оне везане за заштиту животне средине). *RCM* се бави оптимизацијом активности превентивног одржавања уз разматрање последица отказа. Овај приступ је системски оријентисан и могуће га је применити без постојања организационе културе у компанији. [4]

Неколико деценија пре него што је свет био упознат са *Lean* производњом, *Seiichi Nakajima* је поставио темеље тоталног продуктивног одржавања (енг. *Total Productive Maintenance - TPM*). Његов рад почео је 1950. године када је почео да изучава амерички концепт одржавања. Временом је, уз неретке боравке у америчким и европским компанијама, увидео предности и мане одржавања у тим компанијама и на основу личних преференци развио је концепт ТПМ-а. [5] Једна од првих компанија, која је успешно применила овај концепт одржавања, била је јапанска компанија *Nippondenso*, један од добављача компаније Тојота. Прво је компанија увела превентивно одржавање у свим постројењима, а нешто касније је, због повећаног степена аутомације, компанији било потребно све више и више техничара. Упркос повећаном броју људи, запослених у сектору одржавања, компанија није успевала да испуни високе стандарде квалитета и искоришћења постојеће опреме. Менаџмент компаније је, затим, предложио да се запосленима на производним линијама додају радна задужења рутинског одржавања машина на којима су радили.

Аутономно одржавање, које обављају оператери на машинама, превентивно одржавање и високи ниво посвећености високом квалитету и смањењу губитака резултовали су стварањем Тоталног продуктивног одржавања. *Nippondenso* је уједно и прва компанија, која је добила награду Јапанског института за одржавање фабрика (*JIPM*). Тотално продуктивно одржавање се убрзо проширило по компанијама у ланцу добављача Тојоте и у самој Тојоти временом је постало је неизоставни део *Lean* производње. [6]

2. *Lean* производња

Корени *Lean* производње потичу од принципа пословања компаније Тојота. Још крајем 19. века у поменутој компанији развијали су се различити концепти контроле квалитета, који се у знатно разрађенијим формама користе и данас. Оснивач ове компаније (*Toyota Industries*), *Sakichi Toyoda*, развио је аутоматски разбој, који је имао могућност откривања дефеката у концу и аутоматског заустављања производне линије, пре него што се догоди формирање шкарта у великој количини. Многи елементи производног система ове компаније били су развијени у периоду пре Другог светског рата. [7]

У годинама рата и у година после њега, Јапан је био изолована земља а сировине дефицитарне. У намери да се преброди тешка ситуација, у компанији је систем отклањања отпада и губитака усавршен. Учења америчког инжењера, Вилијама Едвардса Деминга, о континуалном унапређивању кроз *PDCA* циклус (енг. *Plan, do, check, act* срп. Планирај, уради, провери, реагуј), који је познат и као Демингов циклус, су прихваћена у унапређена. Примењујући филозофију константног унапређивања, губици у компанији су сведени на минимум и на тај начин знатно смањени трошкови и повећан квалитет производа. [7]

2.1. Идентификовање губитака у *Lean* производњи

Неки од основних принципа *Lean* производње се заснивају на елиминисању губитака. Из тог разлога неопходно је, пре свега, идентификовати губитке, који се јављају, затим уз помоћ различитих *Lean* алата креирати оптималан процес рада са минималним или без губитака. Под термином губитак сматрају се: све активности, које изискују одређене ресурсе, а не доприносе додавању вредности, грешке, које изискују исправљање, производња производа, за које не постоји потражња и стварање залиха, постојање корака у производњи, који нису неопходни, непотребно померање запослених и непотребан транспорт, непотребни застоји, временски губици и примена неоптималног броја машина и опреме. [8]

Прекомерна производња представља израду производа пре него што је то потребно. Овај губитак може да пуно кошта зато што спречава константни проток материјала и смањује саму продуктивност. У *Lean* производњи тежи се ка *Just in Time* приступу, приликом ког се производи израђују сходно потребама. **Непотребно чекање** (непотребни застоји) је тип губитка, који настаје када се производи или материјали не крећу кроз производни ток или не бивају обрађивани. Један је од најприсутнијих губитака у већини фабрика, а могуће га је отклонити спајањем процеса у намери да се, по завршетку једног, материјал или производ одмах пребацује на други процес. Губици, приликом **непотребног транспорта**, одузимају ресурсе без икаквог додавања вредности производу. Некада је тешко одредити оптималан распоред опреме и процеса, да би се овај губитак умањио, али томе свакако може допринети мапирање процеса. [9]

Неадекватна обрада је губитак, при ком се користе превише скупе машине и машине са великом прецизношћу при обради, коју су могле да изврше једноставније

машине. Компанија Тојота је позната по употреби јефтинијих старијих машина, које су, због одржавања, у беспрекорном стању. Уколико је то могуће, у *Lean* производњи се тежи ка набавци мањих и флексибилнијих машина, које, уз комбиновање процеса, омогућавају смањење овог губитка у великој мери. **Стварање залиха**, означено је као један од већих губитака. Вишак производа повећава време трајања производње, заузима простор и тиме смањује продуктивност и одлаже препознавање проблема. Уколико се у производњи успостави непрекидан ток операција између различитих обрадних станица, могуће је елиминисати стварање залиха. **Непотребно кретање запослених** је губитак, који се јавља услед неергономски пројектованих радних простора. Поред непотребних покрета (савијање, истезање, ходање и подизање), које запослени мора да уради да би обавио своје радне задатке, непотребно кретање може да смањи безбедност на раду и да дугорочно утиче на здравље запосленог. Непотребно кретање могуће је смањити ергономским пројектовањем радних простора. [9]

Један од најзначајнијих губитака представља **стварање дефеката** тј. шкартова. Овај губитак има значајан утицај на повећавање трошкова производње, због рада, који је неопходно извршити да би се производ преправио или поново направио. Додатни трошкови се јављају и због губитка капацитета, заустављања производне линије док се не идентификује узрок дефекта као и због поновне инспекције дела. Уз ангажовање запослених, могуће је знатно смањити јављање дефеката. Идентификовање губитака један је од најзначајнијих корака у *Lean* производњи. [9]

Lean размишљање представља моћан начин да се губуци спрече. Кроз разне начине одређивања тока вредности и тока операција, прописује ток оптималних активности, при чијем се спровођењу повећава ефикасност. У суштини, *Lean* производња одређује начине помоћу којих се постиже више уз мањи утрошак ресурса, тј. мање људског рада, мање опреме, мање времена и простора. Такође, за разлику од Тејлоровог модела, омогућава запосленом да се осећа задовољнијим, након обављеног посла, зато што одмах добија адекватни стимуланс уколико успе да смањи губитке и тиме умањи утрошак ресурса. [8]

2.2. Принципи *Lean* производње

Почетну тачку *Lean* производње означава **одређивање вредности**. Вредност представља параметар који искључиво одређује крајњи конзумент производа или услуге. Неопходно је да се у почетку прецизно дефинише вредност производа и његових способности, уз разматрање о цени за конкретног конзумента или конкретно тржиште. Следи принцип **одређивања тока вредности**. Ток вредности представља скуп активности, које су потребне да се спроведу над одређеним производом кроз три фазе: фаза решавања проблема – од стварања идејног решења до креирања крајњег производа; фаза управљања информацијама – од добијања поруџбине до испоруке; фаза трансформације – од сировина до добијања крајњег производа. При анализама тока вредности могуће је пронаћи кораке, који додају вредност производу, кораке који не додају вредност, али су неизбежни и кораке који не додају вредност и могуће их је избећи. Када су вредност и ток вредности у потпуности дефинисани, а непотребни кораци елиминисани, приступа се **формирању**

корака тока вредности. Lean производња захтева редефинисање појединачних радних задатака, задатака сектора и задатака целе компаније да би се створио адекватан допринос стварању корака тока вредности. Када се континуирани ток успостави знатно се смањује време потребно за дизајнирање производа и време потребно за узимање поруџбине. Следећи принцип је примена **pull** система производње. Његовом применом долази се до тога да нова производња почиње тек када купци то желе. Предност овог система је у томе што се производи праве на основу конкретних захтева купаца, а не на основу предвиђања колико ће производа бити потребно. Pull систем доводи и до испоруке и производње по принципу *Just in Time*. **Изврсност** би требало да буде тежња сваке организације, која примењује *Lean* филозофију. Уз константне анализе процеса, који додају вредност, и елиминисање губитака, ток вредности се сужава и долази до своје најбоље могуће форме [8].

2.3. Алати *Lean* производње

Да би се на адекватан начин објаснили најважнији фактори, који утичу на *Lean* организацију, често се користи кућа *Lean-a*. Један од могућих визуелних приказа ове куће је приказан на *Слици 1*.



Слика 1. – Кућа *Lean* организације

- "5S"

"5S" алат и активности, које он подразумева, најчешће се прво спроводе при иницирању имплементације *Lean* филозофије. Овај алат један је од битнијих елемената овог концепта управљања. Састоји се од активности које су усмерене ка побољшању организације радних места и окружења. Радно окружење је изузетно значајно као иницијатор постизања и одржавања високог квалитета и свих осталих циљева које *Lean* пропагира. "5S" алат елиминише непотребне ствари из радног окружења и обезбеђује да се ствари, неопходне за успешно функционисање производних активности, увек нађу на дохват руке, када и где је то неопходно. "5S" је систематичан приступ, чијом се применом, побољшава ефикасност радног места употребом боље организације. Циљ овог алата је да смањи простор неопходан за одвијање радних активности, гужву, залихе, да открије и отклони губитке и спречи њихово поновно појављивање, да повећа ефикасност рада и унапреди безбедност на раду. Овај алат се састоји од 5 основних активности чији фонетски записи са јапанског језика почињу са словом с; отуд и овакав назив алата. Ових пет активности су уједно и фазе кроз које се одвија прва етапа примене *Lean* филозофије и називају се Сеири (сортирање), Сеитон (организовање), Сеисо (чишћење), Сикетсу (стандардизовање) и Схитсуке (одржавање).

Прво "S" (*Сеири*) односи се на реч **сортирање**, и уједно је и први корак који се иницира у овом алату. У овом кораку неопходно је отарасити се свих непотребних предмета и материјала са радног места, тако да остану само они који су неопходни за обављање тог посла. Тежи се да и број потребних алата и материјала буде сведен на минимум.

Друго "S" (*Сеитон*) значи **организовање** или уређивање. Повезује се са ефикасношћу. Овај корак прописује да се за сваки предмет дефинише предодређено место, а резултује бржим и лакшим приступом алату и брзим враћањем истог. Уколико се овај корак спроведе на предвиђени начин, ток рада постаје знатно ефикаснији, а сам запослени постаје продуктивнији. Место и положај за сваки предмет бира се пажљиво у односу на то како ће посао бити обављен и ко ће све то да користи. Сваком предмету се додељује сопствено место, а локација се означава тако да буде једноставна и логична за идентификацију.

Треће "S" (*Сеисо*) означава **чишћење**. Ово "S" подразумева да се радно место очисти, све док не добије сјај. У компанији би требало да свако има задужења везана за овај корак без обзира на позицију у хијерархији. Свако радно место има своје чистаче, а то су обично радници који раде у оквиру тог радног места. Битан циљ ове фазе је да се промени размишљање запослених и да своје радно место гледају кроз призму посетиоца, као и да размишљају о томе да ли је место довољно чисто да би оставило позитиван утисак.

Четврто "S" (*Сикетсу*) односи се на **стандардизовање**. Овај корак прописује стандарде по којима запослени морају да одржавају чистоћу, као и на које начине морају да прате ознаке да би се спречили губици. Различите ствари се обележавају различитим бојама, а запослени су дужни та те ознаке прате и да правилно користе те ствари или да

одговарајуће предмете одлажу на места обележена одговарајућом бојом. На тај начин се са лакоћом може увидети да ли је направљена нека грешка, а запослени одмах могу да одреагују у случају да прописи нису испоштовани.

Пето "S" (*Схитсуке*) у преводу на српски језик значи дисциплина. Под њим се подразумева прихватање претходна 4 "S" и **одржавање** таквих радних навика. Када се достигне овај корак, запослени на даље сами брину о уредности без подсећања од стране надређених. Када се овај корак имплементира како треба, методологија "5S" може самостално да се одржава у оквиру те компаније без неких додатних стручних интервенција [10]. Пример примене овог алата на једној машини и на једној радној станици дат је на *Слици 2*.



Слика 2. Изглед једне машине и једне радне станице пре и после примене "5S" алата

- Анализа и уклањање уског грла

Анализа уског грла представља процес анализирања производње и идентификовање корака у производњи, који ограничавају исту. Анализом се може увидети да неки корак у производњи резултује непотребним чекањем или општим смањењем радних капацитета и продуктивности. Под капацитетом се подразумева радни потенцијал неке производне линије да испуни или допринесе испуњавању своје сврхе.

Уско грло је могуће отклонити применом разних метода боље организације рада. Послови, због којих се ствара уско грло, могу се пренети на друга радна места, која имају исте или боље технолошке капацитете, могу се унапредити применом бољих алата, обављањем производње у више смена, сарадњом производње са компанијама, које производе исте делове или обављају исте услуге. Уколико машине стварају уско грло, могуће га је отклонити оптимизовањем радњи, а уколико је неопходно и набавком новије опреме већих капацитета [11].

- Andon

Andon представља визуелно помагало, које се оглашава приликом јављања неког проблема или грешке са циљем да се одмах примене противмере и спречи поновно јављање исте грешке. *Andon* системи имају различите облике, а најчешће се јављају у виду семафора или статусних светала, која се налазе на лако видљивим местима у производним халама. У скорије време развили су се и компјутерски системи, који прате информације о стању појединих елемената производних процеса. Креирањем виртуелно-физичких система, све машине и опрема могу бити повезани, а информације о њиховом стању лако доступне. *Andon* системи дају информације и обавештења о стању у производњи у реалном времену. На тај начин знатно се убрзава време реаговања од настанка грешке до њене корекције, а временом се број настајања грешака може знатно смањити [12]. Примери *andon* система приказани су на *Слици 3*.

- Континуирани ток

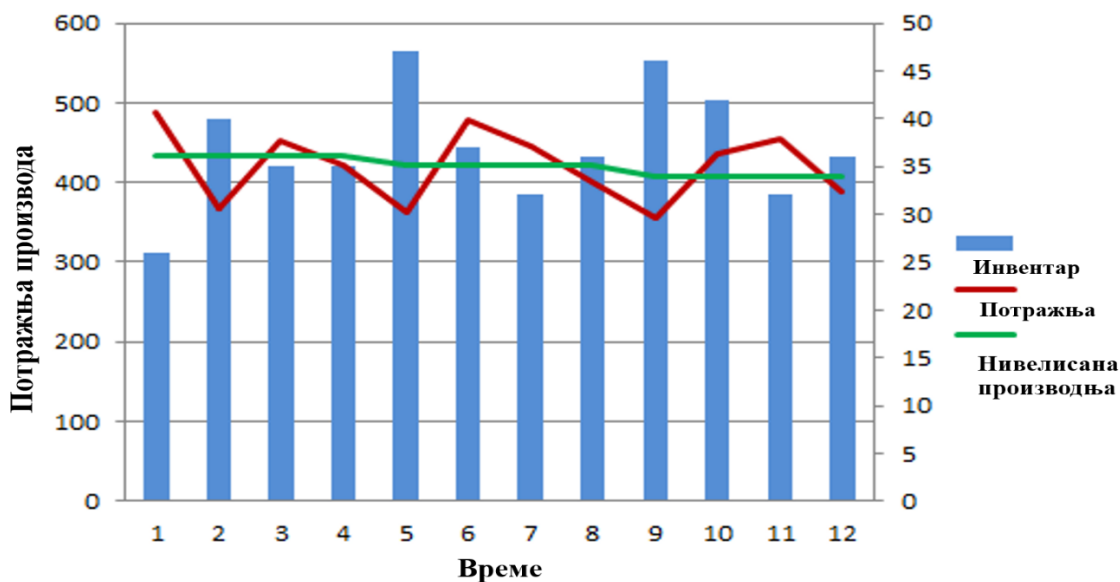
Континуирани ток у производњи је први пут уведен 1913. године у фабрици Форд. Оснивач ове фабрике, Хенри Форд, увидео је значај овог начина производње и применио га је у намери да смањи трошкове производње. Велики допринос, континуираном току, дао је и Фредерик Тејлор, који је у Фордовој фабрици спроводио своје анализе кретања и анализе неефикасности. Модернији приступи овом начину производње фокусирају се на ток производње, ток материјала и ток запослених. Циљ ове методе је смањење времена обраде и повећање продуктивности. Производња се може обављати континуирано тек када се елиминишу губици, о којима је било више речи у поглављу 2.1. Тежи се ка успостављању производње тако да се предмет обраде константно, без застоја уколико је то могуће, креће кроз различите обрадне станице. Континуирани ток производње се може постићи методом фокусирања радњи на једном предмету обраде, увођењем покретних производних линија, аутоматизацијом линија, ротацијом послова, спровођењем "5S" методе, оптимизацијом радног окружења и стандардизацијом посла [13].

- *Gemba*

Јапанска реч *gemba* у преводу значи на лицу места. *Gemba* принцип се заснива на спровођењу шетњи у производним просторима. На овај начин најбоље се може увидети шта се, заиста, дешава у оквиру једне организације. Обично се спроводи у 3 фазе. У првој фази потребно је дефинисати сврху шетње. Када се одреди разлог, због кога се полази на *gemba* шетњу и одреди где ће се она обавити, одлази се до тог, унапред одређеног, места. Током шетње императив је познавати сврху рада одређене радне јединице, познавати и пратити стандардне праксе, користити дедуктивни процес при идентификовању проблема и одређивања узрока проблема. Након завршетка *gemba* шетње потребно је установити да ли је шетња била ефективна и које су се прилике за побољшање указале. Ова запажања пожељно је адекватно документовати и потребно је направити план акција или корективних мера, уколико се закључи да је то неопходно. Након израде плана акција, неопходно је и урадити план праћења имплементације акција, да би се закључило да ли су оне спроведене на адекватан начин [14] .

- *Heijunka*

У преводу са јапанског језика, реч *heijunka* означава раван, раван или стандардан ниво. *Heijunka* метода користи се да би се изједначио тј. избалансирао ниво оптерећења неке радне јединице. Ова техника пропaгира производњу међуфазних добара у константном ритму да би се и даља производња могла одвијати у константном и предвидљивом ритму. Применом *heijunka* алата, могуће је значајно повећати квалитет производа и услуга, смањити потребу за прековременим радом и створити избалансиране радне услове тако да сви запослени и сва опрема раде у константном ритму. [15] Слика 3. представља приказ нивелисане производње по овом алату.



Слика 3. Пример нивелисане производње

- Hoshin Kanri

Hoshin kanri процес представља дугорочно и краткорочно планирање и постављање циљева и стратегије *Lean* организације. Ова метода омогућава дефинисање и константно унапређивање визије, мисије и стратегије једне организације. Да би имплементација ове методе била успешна, неопходно је да сви запослени познају основне циљеве, које је одредио менаџмент. У овом процесу, организација развија планове на основу смерница, које је одредио цео колектив. *Hoshin Kanri* један је од најбољих система стратегиског планирања на свету и представља велику снагу компаније Тојота. Могуће га је применити кроз следеће кораке:

1. Изградња свести о потреби и прилици за побољшања,
2. Постављање циљева за побољшање,
3. Организовање да би се циљеви постигли,
4. Обезбеђивање едукације запослених,
5. Извршавање пројеката да би се решили проблеми,
6. Праћење и извештавање о напретку,
7. Давање признања најпосвећенијима.
8. Предочавање резултата
9. Одржавање постигнутих резултата и
10. Одржавање свести запослених уводивши побољшања као регулатну компоненту процеса у организацији.

Hoshin kanri, дакле, представља систем правила, којима се запослени охрабрују да анализирају ситуације, праве планове за побољшање, организују провере и предузимају потребне акције, које су у складу са визијом, мисијом и стратегијом организације [15].

- Jidoka

Jidoka представља један од најбитнијих алата *Lean* производње. Своје корене вуче још од оснивања компаније Тојота тј. тренутка када је њен оснивач, *Sakichi Toyoda*, изумео аутоматски разбој. Тај разбој је имао могућност откривања прекида у концу, и када би то открио, аутоматски се заустављао, а запослени би тада могао ресетује разбој и да отклони проблем. У случају машина термин *Jidoka* означава уграђивање посебних уређаја у саме машине, који при детектовању нерегуларности аутоматски заустављају ту машину.

Jidoka техника прописује уградњу дугмића или *andon* каблова у производној хали, а од запослених се очекује да, при уочавању неке нерегуларности, притисну дугме или

повуку кабал и тиме зауставе производњу. Сваки запослени има задужење да заустави производну линију чим уочи и најмању нерегуларност [16]. На приказани су примери *andon* система.



Слика 4. Класичнији пример *andon* семафора са ручним прекидачима (лево) и пример *andon* екрана, повезаног са машинама, на коме се читавају разне информације (десно)

- *Just-In-Time (JIT)*

JIT је скуп принципа, алата и техника, који омогућава компанији да производи и испоручује производе у мањим количинама, са смањеним веменом производње у намери да се у потпуности испуне захтеви клијента. Овим начином производње може се изаћи у сусрет свим захтевима клијената свакодневно [16].

JIT метода пропагира употребу минималне количине инвентара, опреме, времена, утрошеног рада и простора. Компаније, које користе овај принцип, своју производњу конципирају на *pull* систему производње. Један од главних циљева примене *JIT*-а је смањење инвентара у намери да потенцијални проблеми буду видљивији. Успешном имплементацијом *JIT*-а, може се елиминисати губици и значајно повећати брзина производње. Ова метода захтева и примену других *Lean* алата, као што су: *Kanban*, *SMED*, производња по ћелијама и континуирани ток [15].

- *Kaizen*

Kaizen представља филозофију која пропагира да се људски живот мора константно унапређивати и побољшавати. *Kaizen*, такође говори о идентификовању и исправљању грешака или лоших ствари, пре него што се крене са побољшавањем. Судећи по речима оснивача ове филозофије, *Masaaki Imai*, *Kaizen* представља најбитнији концепт јапанског менаџмента и кључ је успеха јапанских компанија. *Kaizen* служи као кључни

механизам, који се користи да би се Lean концепт у потпуности применио. Приликом примене овог принципа, издвајају се четири најбитније тачке.

Пре свега, *Kaizen*, мора бити **процесно оријентисан**. Пре него што се приступи побољшавању резултата, сами процеси морају доживети побољшања. Дужност менаџмента је да стимулише побољшање процеса и примену алата за евалуацију побољшања. Друга тачка везана је за **континуитет**.

Kaizen је конципиран као дугорочна стратегија и није препоручљиво да се примењује само са циљем одмах видљивих резултата. Стварање континуалних побољшања је најбитнији део ове филозофије.

Kaizen процес је састављен од мањих, **инкременталних, промена**. Свакодневне инкременталне радње воде до побољшања организације. Промене би требало да буду што ближе самим радним станицама, у складу са *gemba* принципом, и да се у почетку фокусирају на елиминисање губитака. Да би се *Kaizen* процес на адекватан начин применио, неопходно је да његова примена буде **тимски рад** [17].

- *Kanban*

Kanban је сигнални алат, који даје смернице у виду сигналних картица за производњу или повлачење из производње неког предмета, његов илустративни пример је приказан на Слици 4.



Слика 4. Пример *Kanban* картица на табли

Картице се постављају на контејнере, који садрже производе или материјале. Када се поменути предмети или материјали укључе у процес производње, картице се премештају на, за то предвиђене, табле [18]. Kanban картице имају задатак да дају инструкцију везане за процесе и инструкције запосленима, који рукују производима и материјалима.

Главни елемент овог алата је прецизно одређивање неопходне количине производа или материјала. Фактори, који утичу на квантитет *Kanbana* су: дневна потражња, стратегије производње, одређивање нивоа потражње неког производа и промена квалитета [13].

- KPI (Key performance indicators)

KPI представља меру, која процењује како организација извршава своју, унапред одређену, стратегију. Да би се установила мера ефикасаности и учинка једног система, неопходно је да сви процеси буду дефинисани и стандардизовани. У зависности од тога, који се индикатор сматра релевантним, могу се пратити: дневни, недељни, месечни и годишњи обрт, профит, просечна цена поруџбине, број рекламираних производа, процентуални удео на одређеном тржишту, ниво квалитета, стање опреме, број клијената, итд. [19].

- OEE (Overall equipment effectiveness)

OEE је алат, који је развијен у намери да би се пратио напредак имплементације ТПМ-а. Као и ТПМ, овај алат је развио *Seiichi Nakajima*, и конципирао га је као променљиву, која зависи од три фактора: доступности опреме, перформанси и квалитета.

OEE представља добар параметар за израчунавање искоришћености опреме, при неком одређеном процесу. Најбитнији део овог израчунавања представља прикупљање података, које мора бити одрађено професионално и са великом прецизношћу. Свака машина и сваки процес су различити и, због тога, изискују сопствене методе прикупљања података [20].

- PDCA (Plan, Do, Check, Act)

PDCA циклус или Демингов круг, је циклус који је састављен од четири фазе: планирање, примена, провера и деловање. Планирање је увек почетна тачка. Кључно је да се у овој фази дефинишу циљеви и стратегија, при почињању неког пројекта. Применом се извршава имплементација плана радњи и имплементација техничких активности, које су планом одређене.

Провера означава инспекцију плана, инспекцију примене плана и инспекцију резултата, постигнутих у фази примене. Провером се може увидети да ли је план радњи адекватно пропраћен при примени, да ли су постигнути одређени резултати, а уколико постоје проблеми у примени, овом фазом ће бити идентификовани, а решења проблема

пронађена. У последњој фази, деловању, на адекватан се начин реагује на настале проблеме, и постављају се стандарди, који морају бити испоштовани [21].

- Poka-Yoke

Poka Yoke је алат, који је развијен у намери да се број непримећених грешака сведе на минимум или елиминише у потпуности. *Poka Yoke* уређаји су домишљати, једноставни и не коштају пуно. Поред примене при дизајнирању уређаја, који се користе свакодневно (утичнице, каблови, оловке, точилице на бензинским станицама, разни паметни уређаји), *Poka Yoke* уређаји су широко распрострањени у индустрији.

Најчешће употребљавани су аутоматски убацивачи разних делова, уређаји који врше сортирање производа или делова, разни сигурносни елементи комплексних склопова, еталони за проверу, итд. Применом различитих метода ограничавања тежине, димензија, боје или неке друге особине елемента, који се производи, могу се дизајнирати различити *Poka Yoke* уређаји, који ће пропуштати даље, сортирати или паковати елементе, који испуњавају унапред одређене критеријуме [22].

- SMED (Single Minute Exchange of Dies)

SMED представља систем, који је створен да би се смањило време иницијалних подешавања машина и измена алата у намери да она буду што ефикаснија. Сврха овог система је да се подешавања детаљно припреме, пре извршавања, да би машина што дуже могла да обавља рад, што значајно утиче на повећање продуктивности и производних капацитета без додатних улагања.

При имплементацији овог система, неопходно је извршити детаљно планирање подешавања, активности везаних за подешавања и измену алата. Применом SMED система значајно се повећавају производни капацитети и флексибилност машина и опреме. Ове предности компанијама омогућавају да рад врше у мањим серијама и да имају бољи и константнији проток материјала [23].

- Мапирање тока вредности

Мапирање тока вредности (eng. Value Stream Mapping) је алат, који потпомаже бољем разумевању тренутног стања процеса и открива прилике за побољшање процеса. Овај алат се такође може користити за откривање непотребних корака. Циљ мапирања тока вредности је да се забележи сваки корак, који додаје вредност производу. Када се мапирање успешно изврши, са лакоћом се могу идентификовати непотребни кораци, а затим и елиминисати. Након тога процеси се анализирају и проналазе се методе за њихово убрзавање и отклањање уских грла [24].

3. Преглед типова одржавања

Одржавање је активност, која је настала са појавом првих комплексних техничких система у доба почетка Индустијске револуције. Иако је одржавање постојало неколико векова, озбиљнија унапређења су се јавила тек током Другог светског рата, а у годинама од окончања рата до данас одржавање је доживело енормну експанзију. Одржавање се може дефинисати као комбинација техничких, административних и управљачких активности, које се спроводе у току радног века једног техничког система у циљу задржавања или обнављања стања система, у коме технички систем може обављати своју пројектовану функцију [25].

3.1. Корективно одржавање

Корективно одржавање представља тип одржавања при ком се активности одржавања изводе тек након настанка отказа у неком техничком систему. При примени овог типа одржавања технички систем је у употреби до настанка отказа без претходног праћења стања система и планираних прегледа. Поузданост техничких система, код којих се примењује корективно одржавање, највећа је на почетку експлоатисања. Како време пролази, поузданост опада до појаве отказа. Узимајући у обзир да се при овом виду одржавања не врши праћење стања система, откази су непредвидиве природе. Када отказ настане почињу активности одржавања усмерене ка отклањању тог отказа. Након завршетка ових активности, технички систем се не враћа на почетни ниво, већ на нешто нижи ниво поузданости, који се сваки пут, када отказ настане, смањи. Корективно одржавање није пожељно примењивати код комплексних, одговорних и техничких система, чији отказ може проузроковати заустављање производње. Овај тип одржавања погодно је примењивати код једноставнијих техничких система, јер се њихови ресурси максимално искоришћавају и нису потребне неке додатне активности [25].

3.2. Превентивно одржавање

Превентивно одржавање је, за разлику од корективног одржавања, планирана активност. Овај тип одржавања представља скуп превентивних активности, које се спроводе у циљу спречавања или пролонгирања појаве отказа. Активностима превентивног одржавања, као што је преглед стања техничког система, могу се уочити потенцијални проблеми, на основу чега се планирају активности, које спречавају појаву отказа. При имплементацији овог вида одржавања, неопходно је да технички системи имају своје јединствене инвентарске бројеве, неопходно је познавати ранију историју рада и поузданости техничког система, као и информације о пређашњим отказима. Да би се превентивно одржавање успешно примењивало на неком техничком систему потребно је и имати податке о сличним системима, неопходно је поштовати препоруке произвођача тог система као и познавање упутства за одржавање. Под активностима, које се спроводе при

овом типу одржавања, подразумевају се иницијално и периодично чишћење, подмазивање система, праћење стања кроз прегледе и поправке.

Превентивно одржавање омогућава квалитетније управљање процесом производње, веће искоришћење ресурса, постизање жељеног квалитета, повећање нивоа продуктивности, смањење прековременог рада и повећање безбедности на раду. Предности превентивног одржавања у односу на корективно су бројне, али у односу на остале типове одржавања, превентивно има и недостатке као што су: високи почетни трошкови, неоптимална искоришћеност ресурса, могућност појаве оштећења при спровођењу активности одржавања, могућ висок ниво раних отказа новооутрађених делова и често прекидање производње у случају лоше организације одржавања [25].

3.3.1. Превентивно планско одржавање

Превентивно планско одржавање је један од типова превентивног одржавања при ком се у одређеним временским интервалима изводе активности одржавања. Временски интервали могу бити седмични, месечни, квартални итд. Једна од најзначајнијих активности овог типа одржавања представља израда плана и програма подмазивања. На основу препорука произвођача и искустава из праксе праве се планови за подмазивање различитих делова, склопова и подсклопова неког техничког система и прописују се временски интервали у којима се подмазивање понавља. Кључни елемент превентивног планског одржавања је адекватно планирање и одређивање временских интервала прегледа. Уколико су интервали превише кратки, може доћи до повећања трошкова услед недовољног искоришћења ресурса. Уколико су поменути интервали предуги, повећава се ризик појаве отказа пре планираних активности [25].

3.3.2. Превентивно одржавање према стању

Превентивно одржавање према стању представља тип одржавања код ког се праћење стања техничких система врши периодично или непрекидно, што омогућава благовремено регистровање и препознавање проблема, који би могли да доведу до отказа. Код овог типа одржавања бирају се најугицајнији параметри, преко којих се врши праћење и дијагностика. Активности превентивног одржавања према стању се изводе тек када се установи да одређени елемент техничког система почиње да обавља своју пројектовану функцију са мањим учинком, што значи да се ове активности изводе у оптималном тренутку, када су заиста потребне. Велики број отказа се не дешава тренутно, већ је њихово настајање последица одређених процеса који се одвијају у дужем временском периоду. Неки од таквих процеса могу бити: повећање нивоа вибрација услед оштећења лежачева, повећање температуре услед неадекватног подмазивања, присуство продукта хабања у уљу редуктора, настанак пукотина, које указују на замор материјала итд. У зависности од потребе, замена критичног елемента се извршава пре него што дође до појаве потпуног отказа, а у великом броју случајева детектовање потенцијалног отказа не може да спречи појављивање потпуног отказа, али се и даље могу спречити или умањити последице појављивања отказа. Време од настајања потенцијалног отказа до настајања потпуног је у почетку непознато, али се може одредити на основу препоруке произвођача и на основу емпиријског искуства [25].

Одабир оптималног типа одржавања је од изузетног значаја због повећања поузданости техничких система, али у сваком случају треба имати у виду и трошкове и друге ресурсе, које конкретан тип одржавања изискује. Превентивно одржавање увек је бољи избор од корективног. Код оптимално примењеног превентивног одржавања постижу се уштеде, које вишеструко превазилазе средства уложена у увођење овог типа одржавања. Превентивно одржавање, уједно, и представља полазну тачку имплементације Тоталног продуктивног одржавања [25].

3.3. Проактивно одржавање

Проактивно одржавање представља један од савременијих приступа одржавању техничких система. Овај тип одржавања је базиран на константном праћењу и контроли основних узрочника отказа и прописује активности, које се спроводе да би се узрочници отказа елиминисали или у значајној мери умањила њихова негативна дејства. Емпиријски је утврђено да је мали број узрочника тј. око 10% одговорно за више од 90% отказа. Идентификовање тих узрочника представља почетну тачку проактивног одржавања. За разлику од превентивног одржавања према стању, при ком се у активности одржавања ступа тек након настанка потенцијалног отказа, проактивно одржавање подразумева и активности, које се спроводе и пре настајања потенцијалног отказа. Ултимативни циљ ове методе одржавања је да се функционални отказ никада не појави, односно да се период до појаве отказа максимално пролонгира [25].

Мониторинг, дијагностика и прогностика представљају најзначајније елементе проактивног одржавања. Мониторинг стања техничког система представља активност прикупљања информација, на основу којих се одређује стање техничког система. На основу препорука произвођача и искустава из праксе, за одређени параметар се дефиничу критичне вредности. Уколико се установи да је неки параметар премашео унапред дефинисану критичну вредност, почиње се са активностима дијагностике отказа. Дијагностика прописује активности у којима се анализирају прикупљене информације у фази мониторинга. Циљ дијагностике је да утврди локацију, узрок и карактеристике потенцијалног отказа. Када се ове активности окончају, на основу њих се доносе одлуке о даљем предузимању мера одржавања. Прогностика представља скуп активности којима се процењује преостало време до настанка отказа. Оптимална је метода за процењивање времена код потенцијалних отказа, који су репетитивни, али у случају настанка изненадних отказа, прогностика не даје адекватна решења [25].

Сваки од поменутих типова одржавања има себи својствено поље примене. Корективно одржавање се примењује код једноставнијих техничких система, код којих се тежи да искоришћеност буде максимална. Превентивно одржавање је најраспрострањеније и налази примену у авио, ауто, и многим другим гранама индустрије. Проактивно одржавање, због своје комплексности, има ограничену примену. Оптималан је тип одржавања хидрауличних уређаја, првенствено због лаког идентификовања промене стања радног флуида, тј. његове контаминације, која је најчешћи узрочник отказа [25].

4. Тотално продуктивно одржавање

Тотално продуктивно одржавање је концепт одржавања, који је настао у циљу побољшања квалитета процеса и производа, повећања поузданости опреме, повећања профита, снижавања трошкова и смањења штетног утицаја на окружење. Овај концепт се може дефинисати као холистички приступ превентивним и проактивном активностима у аутономном одржавању, при ком је укљученост свих запослених императив, а све то са циљевима елиминисања свих губитака и максималног искоришћења ресурса.

Најбољи начин за иницијално разумевање овог концепта је сагледавање *TPM* куће, која је приказана на Слици 5. Појединачни стубови представљају градивне елементе *TPM*-а, чијом се имплементацијом постижу циљеви попут одсуства шкартова, минимизирања учесталости отказа опреме, повреда на раду и отклањања свих врста губитака [26].



Слика 5. Кућа Тоталног продуктивног одржавања

Од самог почетка постојања индустрије, редовно одржавање је обављао сам оператер на тој машини, док су комплекснији задаци одржавања били поверавани супервизорима или спољним сарадницима. Примена Тејлоровог модела је резултовала стварањем посебних одељења за одржавање, чији радни задаци варирају од најједноставнијих, попут затезања завртњева, до комплекснијих као што су озбиљније поправке на машинама. И поред постојања оваквих одељења, индустрија не добија велику корист од саме сегрегације радних задатака. Идеја да се сами оператери обуче да обављају задатке редовног одржавања је логичан корак, ком се приступа када чекања службе за одржавање постану неисплатива.

Идеја тоталног продуктивног одржавања пропагира аутономно одржавање, што значи да је сваки оператер неке машине одговоран да одржава ту машину у оптималном стању за обављање њене пројектоване функције. Запослени у производњи самостално примењују превентивно одржавање, помажу сервисерима опреме, уколико се неки систем нађе у стању потенцијалног или функционалног отказа и заједно са осталим колегама налазе нове начине да оптимизују машине и процесе. Један од циљева тоталног продуктивног одржавања је да се одржавање врши тако да ни на који начин негативно не утиче на производни процес [27].

По речима свог креатора, *Seiichi Nakajime*, тотално продуктивно одржавање се може дефинисати као продуктивно одржавање, које изискује потпуну посвећеност, али да би се добила потпунија слика о ономе што овај концепт означава, неопходно је познавати његових 5 главних принципа:

- *TPM* за циљ има максимално повећање ефикасности опреме (*OEE*),
- *TPM* успоставља темељан систем продуктивног одржавања, за цео радни век опреме,
- Имплементација *TPM*-а креће од различитих сектора неке компаније,
- *TPM* изискује укљученост свих запослених, почев од високог менаџмента до запослених у сектору производње,
- *TPM* се заснива на промовисању продуктивног одржавања кроз разне активности у мањим групама. [5]

У концепту тоталног продуктивног одржавања, реч тотално има троструко значење. Прво се односи на тоталну ефикасност, која је, уједно, и први од принципа. Повећање ефикасности опреме утиче на повећање ефикасности самих процеса производње, а све то повећава економичност и профитабилност.

Друго значење речи тотално се односи на сам систем одржавања, који се састоји од превенције одржавања (eng. *Maintenace Prevention- MP*), повећање одрживости (eng. *Maintainability Improvement- MI*) и од превентивног одржавања. Треће значење речи тотално означава тоталну укљученост запослених тј. означава аутономно одржавање и активности у мањим групама, које су од кључног значаја за одржавање и константно унапређивање квалитета процеса одржавања [5].

4.1. Припремни кораци имплементације TPM-a

Свака процедура имплементације је другачија, и из тог разлога свака организација, која се спрема за примену TPM-a, мора да разради свој план примене. Јапански институт за одржавање фабрика (JIPM) се сматра за институцију, која располаже највећом количином теоријског и практичног знања у овој области. На основу дугогодишњег искуства, JIPM је прописао да је за примену TPM-a у општем случају потребно: елиминисати шест великих губитака, са циљем побољшања ефикасности опреме; изградити програм аутономног одржавања за оператере на машинама; изградити програм одржавања, који треба да прати сектор одржавања; оспособити оператере и запослене у сектору одржавања за комплексније задатке; изградити програм управљања опремом. На основу искустава из праксе, да би компанија постигла изврсност у овој методи одржавања, неопходно је да бар 3 године прођу у имплементацији свих прописаних корака. Имплементација тоталног продуктивног одржавања се своди на 12 корака, од којих се првих 5 сматрају припремним активностима [5].

- **Први корак: Упознавање запослених са одлуком о ступању у примену TPM-a**

Први корак примене TPM-a представља упознавање свих запослених са одлуком вишег менаџмента о ступању у примену. Овај корак је оптимално обавити у виду презентације, у којој је неопходно објаснити концепт, његове предности, очекиване резултате као и разлоге, због којих се ступа у примену. Приликом иницирања првих корака примене, неопходно је запослене у производњи едуковати о одржавању да би постепено сами могли да прате стање опреме. Иако се ово неретко дочека са извесном дозом скептицизма, неопходно је створити позитивну атмосферу и адекватно мотивисати запослене. Иако је потребно да прође одређено време да се овакве промене прихвате, могуће је очекивати повећање продуктивности и до 50% [5].

- **Други корак: Покретање едукационог програма**

У овом кораку, неопходно је отпочети едукациони програм о TPM-у. Потребно је све запослене детаљно информисати о активностима тоталног продуктивног одржавања. Препоручује се организовање семинара за виши менаџмент и креирање презентација за остале запослене. Сви морају бити, у складу са положајем у компанији, упознати са детаљима овог концепта, који су везани за конкретно радно место. У овој фази је потребно иницирати и прикупљање информација о TPM-у, и свим његовим аспектима, и уколико је то потребно ангажовати консултанте [28]. Тренинзи и едукација би требало да буду усмерени и ка елиминисању отпора, који настају због промена. Тренинзи запослених у производњи би требало да мотивишу запослене кроз презентације и друге визуелне материјале. Препорука је и организовати провере у мањим групама, после сваког предавања, којима се, на адекватан начин, може утврдити ниво усвојеног знања [5].

- **Трећи корак: Стварање организационе структуре**

Када се прва два корака успешно заврше, ступа се у креирање организационе структуре за промовисање тоталног продуктивног одржавања. У већини компанија, присутна је вертикална структура менаџмента, па се препоручује формирање радних група на свим нивоима. *ЛРМ* препоручује формирање мреже мањих радних група на свим нивоима, чија делања би требало да се преклапају у циљу уклањања баријера између различитих нивоа менаџмента.

Групе у вишем менаџменту за задатак имају доношење одлука о *ТРМ*-у на нивоу целе компаније, средњи менаџмент би требало да поменуте одлуке декомпонује и примењује у појединачним секторима, док би менаџмент производње требало да своје циљеве формира на основу одлука појединачних сектора [5].

- **Четврти корак: Успостављање основних политика и циљева *ТРМ*-а**

На основу препорука из праксе и самог стања у конкретној компанији, неопходно је дефинисати циљеве имплементације овог програма, као и методе за постизање тих циљева. Сами циљеви морају бити конкретни и морају се односити на неке мерљиве резултате. Потребно је одредити шта се жели постићи, квантитет неких мерљивих параметара до кога се мора доћи кроз одређени временски период. Једна од могућих почетних тачака може да буде и дефинисање слогана, нпр. " Да би елиминисали губитке морамо уклонити застоје, смањити број шкартова и повреда на раду и тиме повећати профитабилност и креирати повољнију радну атмосферу за све запослене" [5].

- **Пети корак: Креирање плана за имплементацију *ТРМ*-а**

Након успостављања политика и циљева, неопходно је разрадити иницијални план за имплементацију тоталног продуктивног одржавања. Израда плана треба да буде тимска активност, у којој учествују запослени са највећим нивоом знања о овој материји, или запослени у вишем менаџменту заједно са спољним консултантима.

Уколико се компанија одлучи за спољног консултанта, његов посао отпочиње прикупљањем информација о свим аспектима производње и свим аспектима производних процеса. Неопходно је поседовање знања о функционисању опреме, пређашњим методама одржавања, поузданости радне опреме и свеопштим условима у компанији [28].

На Слици 6. је дат приказ плана имплементације тоталног продуктивног одржавања у јапанској компанији *Central Motor Wheel Co Ltd*. Приказане су фазе имплементације, и активности које те фазе прописују, респективно.

1. година		2. година		3. година		4. година						
Припрема		Увођење		Примена		Крај		Стабилизација		Побољшавање		
Ефикасност опреме		Креирање модела производне линије, кроз активности малих група Предузимање корака за елиминисање изненадних отказа : Примена превентивног одржавања, смањење времена подешавања опреме, смањење отказа делова и опреме Креирање основе за имплементацију аутономног одржавања										Постизање извршних резултата, јачање позиције компаније на тржишту, креирање повољне атмосфере у компанији
Аутономно одржавање		Промовисање аутономног одржавања: 1. Иницијално чишћење ("5S") 2. Решавање проблема 3. Постављање стандарда за чишћење и подмазивање 4. Општа инспекција стања 5. Евалуација претходних корака 6. Ревизија постигнутих резултата 7. Организовање 8. Управљање постигнутим резултатима										
Контрола квалитета		Постепено обезбеђивање жељеног нивоа квалитета кроз примену аутономног одржавања и проактивних метода, где је то могуће. Обезбеђивање квалитета свих радних процеса.										
Планирано одржавање		Повећавање одрживости и превенције одржавања кроз израду система планираног одржавања и његових подактивности										
Јачање вештина		Повећавање вештина запослених кроз организовање састанака, семинара и радионица. Израда плана састанака.										

Постизање извршних резултата, јачање позиције компаније на тржишту, креирање повољне атмосфере у компанији

Слика 6. План имплементације тоталног продуктивног одржавања у компанији *Central Motor Wheel Co Ltd.*

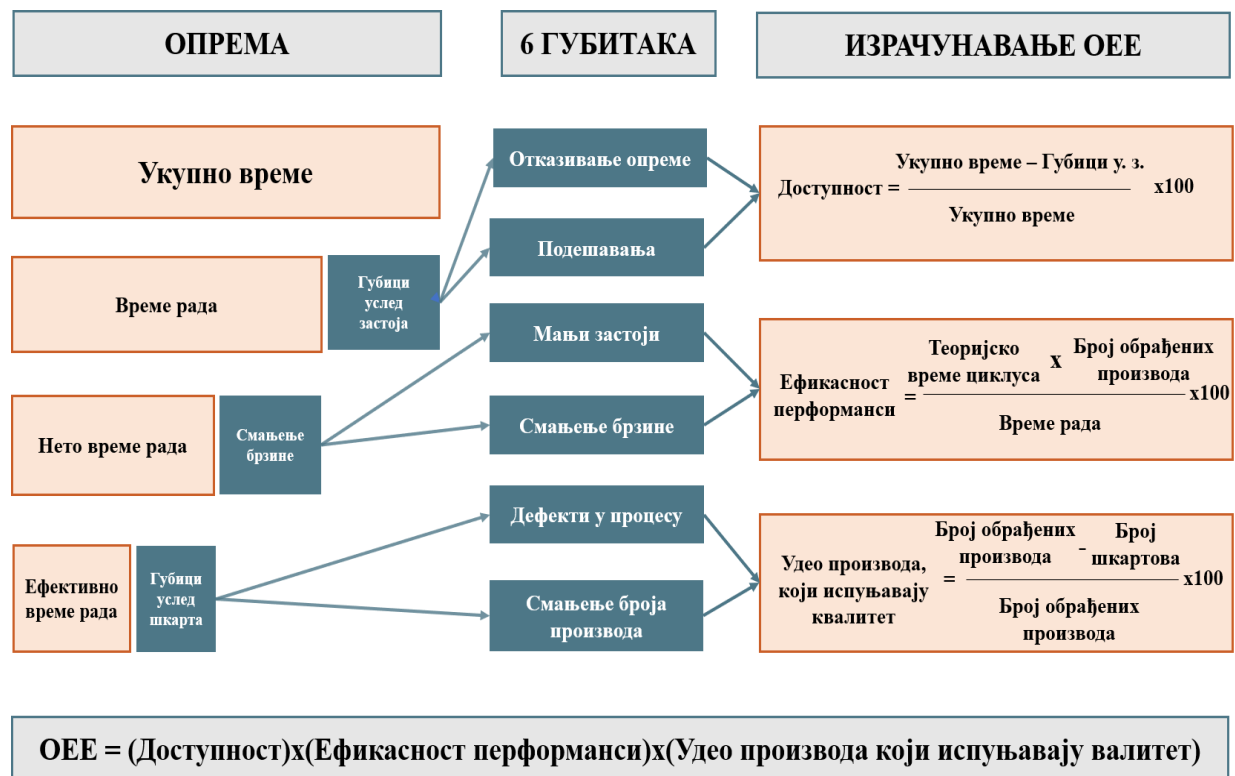
4.2. Имплементација ТРМ-а и аутономног одржавања

- Шести корак: Иницијална фаза примене ТРМ-а

Након пет припремних активности, иницира се примена тоталног продуктивног одржавања. У овом кораку почињу напори усмерени ка елиминисању 6 великих губитака. Сваки запослени мења своју дневну рутину и почиње да примењује ТРМ на конкретном радном месту. Кључни део овог корака је повећање мотивисаности и морала запослених кроз унапред установљени систем стимулуса и награђивања [5].

- Седми корак: Повећавање ефикасности опреме

Повећавање ефикасности опреме је изузетно комплексна активност, која инсистира на максималном ангажовању запослених. Ефикасност ТРМ-а се може сагледавати кроз његову примену у елиминисању 6 великих губитака, који се испољавају на производној опреми. Препорука је изабрати по један технички систем у сваком производном сектору и делегирати радне задатке одређеном тиму да почне са елиминисањем губитака. На Слици 7. је приказан метод израчунавања *OEE*, као и категоризација губитака. Разлог због ког се препоручује постепена примена овог одржавања је боље сагледавање његове ефикасности и стицање искуства у његовој примени.



Слика 7. Израчунавање ефикасности опреме (*OEE*)

Анализа проблема (*eng. PM analysis*) се показала као јако ефикасан алат у борби против губитака. Ова анализа прописује методологију анализирања и поступке, које би требало применити да би се губици елиминисали на адекватан начин. Анализа почиње дефинисањем проблема тј. губитка. Када се проблем уочи потребно га је детаљно анализирати, да би се установило који је његов домет, на шта конкретно утиче и који су били први параметри промене пре него што је до проблема дошло. Затим се приступа физичкој анализи проблема, при којој би требало настали проблем објаснити применом одговарајућег физичког принципа. Када се проблем објасни почиње изолација свих елемената, за које се сматра да могу да утичу на његово стварање.

Следи евалуација опреме, материјала и режима рада, који могу да утичу на настали губитак. Када се установе сви фактори, почиње детаљна анализа сваког фактора појединачно. У овој фази је неопходно имати у виду и потенцијално безазлене проблеме. Крајњи корак је креирање плана побољшања, који би требало да води до елиминисања губитка [5].

Други начин побољшавања ефикасности опреме представља примена **теорије ограничења** (*eng. Theory of Constraints - TOC*). По овој теорији, сваки систем има одређена ограничења, која га спречавају да функционише на оптималан начин. Теорија ограничења се примарно фокусира на отклањање уских грла у процесу производње. Први метод, који прописује теорија ограничења је успостављање модела за идентификацију уских грла. Потребно је, као и код РМ анализе идентификовати све елементе, који би могли да утичу на перформансе.

Највећи значај се даје најбитнијим мерљивим квантитативним индикаторима попут времена такта, просечног времена рада, трајању пјединачне обраде, тренутог обима посла, трошкова. Након прибављања квантитативних информација, приступа се **TOPSIS** анализи. Ова анализа прописује креирање фиктивних идеалних система, који формирају уска грла, и система који не формирају уска грла. Претходно анализираним техничким системима се, затим, додељују места у матрици између два фиктивна система, и између фиктивних најбољих и најлошијих квантитативних информација. Затим се приступа математичком прорачуну у ком се на основу постојећих образаца добија низ техничких система, који је сортиран од најлошијег до најбољег, у погледу формирања уских грла. Следи корак увођења индекса расподеле отказа на основу закона ентропије, и тиме се окончава анализа.

У намери смањивања флукуација у производном процесу, убрзава се проток материјала у жељеном делу процеса производње. Креирањем својеврсног временског амортизовања, убрзавањем протока материјала, могу се повећати перформансе опреме, која је претходно стварала проблеме, и на тај начин се може обезбедити устаљени ритам производње. Овакве зоне амортизовања времена се креирају пре опреме, која ствара уско грло и неопходно је имати у виду да сваки технички систем, који ствара уско грло, има другачије параметр времена [29].

На Слици 8. приказана је промена перформанси и ефикасности десет техничких система, након примене алата анализе проблема.

Опрема	Доступност у %		Ефикасност перформанси у %		Удео квалитетних производа у %		ОЕЕ у %	
	Пре	После	Пре	После	Пре	После	Пре	После
M1	65.16	70.33	90.71	88.80	95.94	98.53	56.71	61.53
M2	64.84	71.57	90.44	86.53	97.44	98.81	57.14	61.19
M3	67.43	66.54	88.51	88.70	97.49	97.66	58.18	57.64
M4	57.93	59.22	90.17	89.40	98.05	98.92	51.22	52.37
M5	50.01	77.36	87.13	84.87	96.32	97.12	41.97	63.47
M6	68.12	72.69	87.83	91.11	96.56	97.72	57.77	64.72
M7	63.98	62.95	91.59	91.43	98.28	98.54	57.59	56.71
M8	67.94	73.54	90.10	88.46	96.46	97.58	59.05	63.54
M9	65.23	69.79	87.51	88.22	96.86	97.19	55.29	59.84
M10	59.89	61.19	86.86	88.06	95.54	97.65	49.70	52.62

Слика 8. Промена доступности, перформанси, и удела квалитетних производа након примене метода теорије ограничења

- **Осми корак: Успостављање програма аутономног одржавања**

Аутономно одржавање представља кључни део тоталног продуктивног одржавања. Примена овог типа одржавања се одвија кроз седам корака, њен предуслов је да у компанији буде примењен и "5S" алат, о ком је било више речи у поглављу 2.3. *ЈРМ* институт чак инсистира да сви запослени буду упознати са поменутиим алатом и да буду у могућности да самостално спроводе кораке које он прописује.

Први корак успостављања аутономног одржавања је иницијално чишћење, уједно и први корак примене "5S" алата. При овом кораку од оператора на машинама се очекује да чишћењем опреме, на којој раде, развију осећај старања о машинама. Приликом иницијалног чишћења оператори бивају упознати и са основама подмазивања и проверама завртањских веза. Након иницијалног чишћења следи други корак примене одговарајућих контрамера за негативан утицај нечистоћа и прашине. Неопходно је усвојити мере за

елиминисање прашине, нечистоћа и опиљака. Сваки сектор сноси одговорност за чишћење и одржавање свог дела производње.

Трећи корак примене аутономног одржавања представља стандардизовање процедура чишћења и подмазивања. Потребно је направити дневни, недељни и месечни план провере стања опреме. Након адекватне обуке, оператери добијају задужења да врше провере чистоће и провере подмазивања у, унапред задатим, временским оквирима. По завршетку овог корака следи четврти корак у ком се врши општа инспекција. Прва три корака се спроводе у намери разумевања стања опреме и спречавања потенцијалног пропадања опреме. У овом кораку се врши инспекција по унапред одређеним смерницама а након завршене инспекције, обавља се евалуација.

Неопходно је утврдити да ли су први кораци спроведени на одговарајући начин. Уколико се установи да неки од прописа није испоштован како треба, ступа се у поновну примену тог корака. Након ових активности, организују се тренинзи за оператере на машинама. Оператере је неопходно оспособити да врше инспекцију на опреми на којој раде и оспособити их да уочавају нерегуларности у раду опреме.

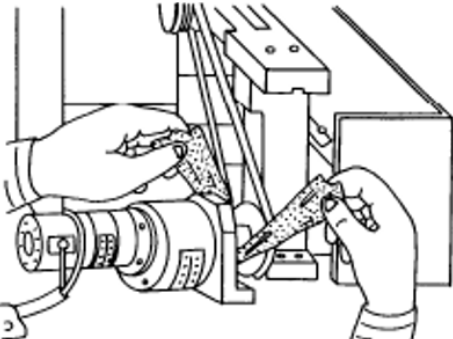
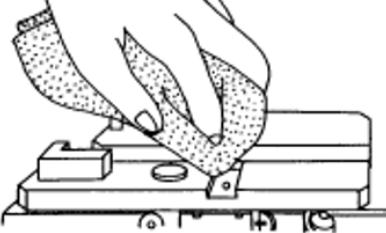
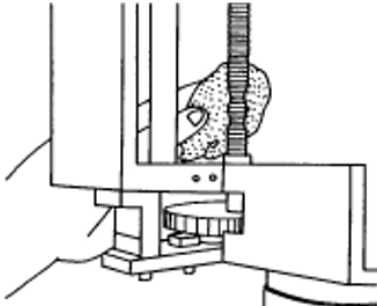
У петом кораку се успоставља аутономна инспекција. Врши се процена примене стандарда за подмазивање и чишћење и утврђује се да ли се стандарди примењују на адекватан начин. Уколико се установи да се ови стандарди примењују како је прописано, приступа се даљој обуци оператера. У овом кораку оператери се обучавају да самостално врше инспекције на опреми, на којој раде. Организују се практични тренинзи, током којих се изводе конкретне активности везане за одржавање, а затим се врши провера знања оператера. У зависности од од потребе, као и у зависности од опреме која се користи, стварају се листе за аутономну инспекцију. Неопходно је да ове листе садрже цео процес инспекције, декомпонован на појединачне активности. Ставке у листама за аутономну инспекцију описују конкретно коју активност треба спровести, на који начин, у којим временским интервалима, као и стање у ком би, елемент инспекције, требало да се налази [5]. Пример овакве листе налази се на Слици 9.

Битан алат при успостављању аутономног одржавања представљају и лекције са једним циљем (eng. *One point lesson*). Циљ ових лекција је учење оператера да обављају једну конкретну радњу или да сазнају начин функционисања одређеног склопа или машине. Лекције са једним циљем би требало израђивати за сваку појединачну активност, било да је активност везана за одржавање или подмазивање или за стицање знања о функционисању неког процеса. Лекције би требало да садрже скице или фотографије машина и појединачних делова. Саме скице би требало да буду упрошћене и требало би да на њима буду приказани само елементи, који су битни за конкретну операцију тј. активност, као и објашњења функционисања делова или хронолошки ток активности, које треба извршити.

На Слици 10. су приказане активности, које треба спровести, приликом активности чишћења и подмазивања одређеног дела техничког система, као и циљеви тј. резултати, које треба постићи приликом чишћења. На Слици 11. је приказан метод функционисања једног дела техничког система са хидрауличним елементима; приказане су скице система, и дато је појашњење о улози појединачних делова.

Број	Предмет инспекције	Критеријум за процену	Метода	Учесталост провере
1.	Стварање топлоте	Не би требало да постоји промена топлоте на местима подмазивања	Додир	Дневно
2.	Вибрације	Не би требало да постоје вибрације	Додир	Дневно
3.	Ниво буке	Повишен ниво буке, не би требало да постоји	Слушање	Дневно
4.	Плочица са називом	Требало би да постоји плочица са називом уља	Визуелна	Дневно
5.	Ниво уља	Ниво уља би требало да буде у оквиру прописаних граничних вредности	Визуелна	Дневно
6.	Цурење уља	Не би требало да постоји цурење уља	Визуелна	Дневно
7.	Заптивачи и затварачи	На заптивачима и затварачима не би требало да буду присутни трагови уља	Визуелна	Дневно
8.	Стање филтера	Филтери не би требало да буду парцијално или потпуно запушени	Визуелна	Дневно
9.	Контаминација уља	Дисколорација, повећан ниво влаге и опилъци метала не би требало да буду присутни	Узорак	Периодично
10.	Емулзификација уља	Уље не би требало да буде замућено	Узорак	Периодично
11.	Присуство рђе у уљу	Рђа не би требало да се налази у уљу	Узорак	Периодично
12.	Метални прах у уљу	У уљу не би требало да се налази абразивни метални прах	Узорак	Периодично
13.	Контаминација стране материје у уљу	У уљу не би требало да се налазе прашина и прљавиштина	Узорак	Периодично
14.	Присуство воде	Вода не би требало да буде присутна у уљу	Узорак	Периодично
15.	Промена боје уља	Видна промена боје уља не би требало да постоји	Узорак	Периодично
16.	Појава пене	Ако појави пена у систему одвода уља, не би требало да је буде у унутрашњости машине	Узорак	Периодично
17.	Стање распршивача уља	Распршивач уља не би требало да буде парцијално или потпуно запушен	Узорак	Периодично
18.	Периодичност распршивања уља	Уље би требало да излази из распршивача у интервалима од 30 секунди	Узорак	Периодично

Слика 9. Пример активности аутономне инспекције, по препорукама Јапанског института за одржавање фабрика

Машина		Лекција чишћења и подмазивања						
Департман								
Кат.	Иницијална подешавања	Кат. рада	Транспортна јединица	Основе рада	Метода чишћења			
Процедура рада			Појашњење		Циљеви			
1 Моторна јединица			Чврсто ухватити тканину и обрисати део 		- Прашина, нечистоће и прекомерно загревање не би требало да буду присутни - Деформације и нечистоће не би требало да постоје - Не би требало да постоји пропадање и дисперзија уља - Верификовање активности након чишћења			
2 Припремна јединица			Натопити тканину алкохолом и затим приступити брисању 					
3 Јединица са навојном шипком			На тканину нанети предвиђено машинско уље и затим приступити чишћењу 					
Извештај					Менаџер сектора	Креатор лекције	Стандардно време	Ниво
							30 мин.	Почетни ниво

Слика 10. Пример формулара за *One point* лекцију, у ком су наведене инструкције за чишћење и подмазива

		Регистарски број				
		Датум		/ /		
Функционисање механизма са хидрауличним елементима		Осн. знање	Оператер	Менаџер производње	Менаџер фабрике	Креатор лекције
		Отказ				
		Побољшање				

Вентил за контролу протока

Брзина хидрауличног мотора и цилиндара се може променити окретањем вентила за контролу протока.

Мерач притиска

Вентили

Вентил за промену смера

Вентил за контролу притиска

Хидраулични цилиндри

Електромагнетни вентил одређује смер протока уља, које улази у актуатор, и самим тим одређује смер покретања актуатора

Вентил за контролу притиска се користи да би се спречило стварање прекомерног притиска унутар хидрауличног система.

Три елемента рада

- Вентил за контролу притиска: одређује количину рада
- Вентили за контролу протока: одређују брзину рада
- Вентил за промену смера: одређује смер рада

Лекција	Датум								
	Предавачи								
	За кога								
Процена након имплементације		4/3/2	4/3/2	4/3/2	4/3/2	4/3/2	4/3/2	4/3/2	4/3/2

Слика 11. Пример формулара за *One point* лекцију, у ком су наведене информације о функционисању једног дела техничког система

Оператери се, коришћењем ових лекција, на једноставан начин могу оспособити да аутономно извршавају инспекцију и на овај начин могу да стекну потребно знање о појединостима функционисања различитих подсклопова, склопова и комплетних техничких система.

Шести корак примене аутономног одржавања је организовање. У овом кораку се спроводе преостале фазе ''5S'' алата. Активности организовања и уређивања су активности провере примене усвојених стандарда и побољшавања стандарда. Приликом ове фазе, менаџери и супервизори праве ревизију претходних пет корака. У овом, кораку примене аутономног одржавања, оператери званично добијају нова радна задужења, попут: корекције опреме и иницијалног подешавања машине, откривања нестандартних услова, бележења информација квалитета процеса и производа и сервисирања мање комплексности. Крајњи, седми корак примене аутономног одржавања прописује активности малих група у којима би запослени требало да развију виши ниво морала и посвећености послу [5].

- **Девети корак: Успостављање програма одржавања за сектор одржавања**

У овом кораку развија се програм активности одржавања, које би требало да спроводи сектор одржавања. Активности сектора одржавања морају бити усклађене са активностима аутономног одржавања, које извршавају оператери. Стварање плана периодичног одржавања би требало да почне при самом иницирању примене тоталног продуктивног одржавања. Неопходно је направити јасну поделу између задужења сектора одржавања и задужења оператера. Да би се ефикасност повећала, неопходно је да сектор одржавања периодично врши проверу и ревизију стања резервних делова, алата и уређаја за инспекцију [5].

- **Десети корак: Одржавање тренинга ради побољшања операционих и вештина одржавања**

Стални тренинзи су део филозофије константног унапређивања, коју пропагира Lean. Када оператери стекну довољну количину знања о функционисању машина, на којима раде, приступа се тренинзима на којим се машине калибришу тако да дође до грешке или до појаве потенцијалног отказа. Сврха ових тренинга је да оператер стекне реалније знање о самој машини и да научи адекватне технике за спречавање и уклањање комплекснијих отказа. Сви радници би требало да поседују потребно знање о основама функционисања машина, на којима раде. Следећи ниво знања је усавршавање знања о функционисању и стицање знања о исправљању мањих нерегуларности. Радници са већим искуством поред наведеног знања, би требало да поседују и знање везано за тестирање опреме и за отклањање комплекснијих грешака или потенцијалних отказа [5].

- **Једанаести корак: Развијање плана управљања опремом**

Управљање опремом представља скуп активности, које су усмерене ка спречавању стварања шкартова, отказа и незгода на раду. При почетку експлоатације неке машине, јављају се разне грешке и проблеми. Током почетног периода експлоатације, оператери и

запослени у сектору одржавања морају да се максимално посвете да би машина функционисала правилно. Некада је неопходно применити неколико метода побољшања, само да би машина функционисала на пројектовани начин. Узимајући у обзир то да је потребно спровести више активности да би машина радила, током почетне фазе експлоатације, чест је случај да се запоставе подмазивање, чишћење и инспекција, што може довести до погоршања рада машине и до отказа. Систем раног управљања опремом (*eng. Early Equipment Management - EEM*), је систем који константно подсећа на правилно управљање опремом и чијом се применом знатно може смањити број и учесталост отказа и времена, које машина не проведе у раду. Главни фокус ЕЕМ-а је максимално повећање ефективности опреме у почетку и смањење трошкова при експлоатацији. Неопходно је примењивати ЕЕМ у најранијој фази дизајнирања и пројектовања система, јер сам дизајн система и иницијално правилно подешавање одређују 95% трошкова, при управљању опремом. Правилно пројектовани системи знатно смањују учесталост отказа, а самим тим и учесталост активности одржавања [30].

- **Дванаести корак: Потпуна примена ТРМ-а и стремљење ка вишим циљевима**

Крајњи корак развоја тоталног продуктивног одржавања је усавршавање његове имплементације и постављање виших циљева. У овом кораку се стабилизује примена овог концепта одржавања, врши се провера свих претходних корака и њихова евалуација, а запослени константно унапређују *TRM* активности и резултате. У овом тренутку компаније долазе у обзир за разматрање примене *TRM*-а и постигнутих резултата, од стране Јапанског института за одржавање фабрика. И у случају да компанија добије награду за извршеност у примени овог концепта одржавања, то не означава крај активности. Поштујући *KAIZEN* филозофију, компанија стално мора да проналази боље начине за обављање постојећих и начине за обављање нових активности. Процес усавршавања је процес, који траје док компанија постоји [5].

4.3. Резултати примене Тоталног продуктивног одржавања

Уколико се тотално продуктивно одржавање примени на правилан начин, тиме је могуће постићи разне бенефите, који варирају од повећања морала запослених, преко повећања *OEE*-а до значајних уштеда на нивоу целе компаније. Чак и примена само појединих елемената овог концепта може довести до добрих резултата. У овом поглављу биће наведени примери успешне примене Тоталног продуктивног одржавања, и резултати постигнути применом.

Тотално продуктивно одржавање је примењено у једној од највећих индијских компанија за производњу трактора, комбајна и разне пољопривредне механизације. Након разраде детаљног плана за имплементацију, у овој компанији је примењен "5s" алат, затим

је примењено аутономно одржавање и планирано одржавање. Применом анализе уских грла и *TOPSIS* анализе, а затим и алата за отклањање ускуих грла, значајно је повећана ефикасност опреме. На Слици 12. су приказани параметри пре и после примене *TPM*-а [31].

	Пре примене TPM-а	Након примене TPM-а
Трајање смене (мин.)	450	450
Планирани застоји (мин.)	60	60
Време рада (мин.)	390	390
Непланирани застоји (мин.)	78	58
Ефективно време рада (мин.)	312	332
Доступност	80%	85.1%
Output	180	207
Брзина машина (н/мин.)	0.75	0.75
Очекивани Output	234	249
Ефикасност	76.9%	83.1%
Број шкартова	8	2
Квалитет	95.5%	99%
ОЕЕ	58.7%	70%

Слика 12. Промена ОЕЕ-а у компанији за производњу пољопривредних машина

У етиопијској компанији *Asella Malt Industry*, која се бави производњом јечменог слада, је такође уведено тотално продуктивно одржавање. У имплементацију *TPM*-а се ступило због превеликог броја отказа опреме првенствено у делу фабрике где се кува слад, губитака у производним процесима, губитка квалитета и губитака проузрокованих накнадном обрадом. Постепено је уведено тотално продуктивно одржавање, у периоду од 3 године, и након тога су постигнути резултати, који су приказани на Слици 13 [32].

	Пре примене TPM-а	Након примене TPM-а
Механички застоји (h)	43.43	13.35
Електрични застоји (h)	11.25	2.5
Остали застоји (h)	2.03	0.4
Укупно време застоја (h)	57.11	16.25
Иницијално подешавање (h)	7.30	7.30
Временски губици (h)	64.11	23.55
Нето време рада (h)	655.19	696.05
Доступност	90.99%	96.67%
Квалитет	92.7%	98%
Перформансе	83.97%	84.91%
ОЕЕ	70.35%	80.23%

Слика 13. Промена ОЕЕ-а у компанији *Asella Malt Industry*

На основу анализе података добијених из фабрика, које су добиле награду изврсности у *TPM*-у, Јапански институт за одржавање фабрика је издвојио најбоље у свакој категорији. Слика 14. је креирана на основу тих података.

Категорија	Примери ефикасности <i>TPM</i> -а
Продуктивност	Повећање продуктивности рада до 150% Повећање додате вредности по запосленом до 147% Смањење отказа и застоја до 98%
Квалитет	Смањење броја шкартова до 90% Смањење неправилности у процесима до 70% Смањење броја рекламација до 50%
Трошкови	Смањење трошкова радне снаге до 30% Смањење трошкова одржавања до 30% Смањење утрошка енергије до 30%
Испорука	Смањење времена испоруке до 50%
Безбедност на раду и ниво загађивања	Смањење незгода на раду до 100% Смањење нивоа загађивања до 100%
Морал	Повећање самоиницијативних идеја за побољшање до 230%

Слика 14. Приказ примера ефикасности *TPM*-а у фабрикама са *TPM* наградама

Када се Тотално продуктивно одржавање у потпуности примени, долази до појаве значајних побољшања у свим деловима производње. Ефективност и ефикасност машина и остале опреме расте. Побољшање услова рада у производњи позитивно утиче на стварање на посвећеност запослених. Тренинзи и едукације омогућавају оператерима да самостално врше инспекције на машинама, на којим раде, и да после одређеног времена сами почну да контолишу и смање време циклуса и број шкартова. Успешна имплементација *TPM*-а води до континуираних унапређења вештина запослених, јасне поделе радних задатака по секторима и између самих запослених, изграђивања система одржавања, праћења и контроле опреме и до боље комуникације на свим нивоима.

Узимајући у обзир то да *TPM* инсистира да компаније стално морају да имају у виду утицај технологије и промена на запослене, морал и посвећеност запослених расту. Повећана посвећеност запослених води до пораста квалитета процес и производа, као и до смањења трошкова производње. Са техничке стране, један од циљева *TPM*-а је смањење броја застоја и смањење потребе за непланираним одржавањем. Применом Тоталног продуктивног одржавања стварају се услови за постизање што већег задовољства купаца испоруком производа задовољавајућег квалитета и количине у, за то, предвиђеном временском року. Запослени развијају већи ниво самопоуздања и сами доприносе побољшањима ефикасности опреме, смањењу трошкова, спречавању незгода на раду и поред тога деле своја сазнања и искуства са другима [33].

5. JIPM и TPM награде

Темеље за настанак и даљи развој Јапанског института за одржавање фабрика, поставио је *Seiichi Nakajima* у годинама након завршетка Другог светског рата. Кроз низ консултација, које је пружао институт, компанија *Nippondenso Co.*, је почела да примењује продуктивно одржавање. Као што је већ напоменуто у уводном делу, *Nippondenso Co.* је прва компанија, која је добила награду изврсности од Јапанског института за одржавање фабрика, 1971. године. Процену кандидата за TPM награду врши тимп експерата JIPM-а и универзитетских професора. Процес провере се састоји од примарних и секундарних провера, као и од посета компанији у интервалима од 2 до 6 месеци. Циљ посета компанијама је утврђивање примењиваних пракси и провера усаглашености затеченог стања и оног што компанија тврди да практикује. Експертски тимови JIPM института посећују компаније широм света и утврђују да ли су примењивани стандарди усаглашени са стандардима за награђивање. Поред провера, које врше, експертски тимови дају и инструкције компанијама, како би постигле стандарде изврсности. На Слици 15. су приказане врсте награда Јапанског института за одржавање фабрика.

Награда за TPM достигнуће светске класе	Намењена је за компаније, које су већ добиле награду за напредно TPM достигнуће и које су се фокусирали на неке потпуно нове и јединствене TPM активности, што је дало конкретне мерљиве резултате
Специјална награда за напредно TPM достигнуће	Намењена је за компаније, које су већ добиле награду за TPM достигнуће и усмериле и побољшале своје активности у конкретним тачкама, што је дало конкретне мерљиве резултате
Специјална награда за TPM достигнуће	Намењена је за компаније, које су већ освојиле награду изврсности за континуирану посвећеност TPM-у и развиле своје активности у некој револуционарнијој форми
Награда изврсности за континуирану посвећеност TPM-у	Намењена је за компаније, које су већ освојиле награду (категорија А или Б) и успеле да одрже и побољшају своје TPM активности
Награда за изврсност у TPM-у (Категорија А)	Намењена је за компаније, које су радиле на примени свих пилаара TPM-а
Награда за изврсност у TPM-у (Категорија Б)	Намењена је за компаније, које су радиле на примени првих пет пилаара TPM-а

Слика 15. Преглед врста награда и компанија, којима су оне намењене

Како се концепт Тоталног продуктивног одржавања развијао, Јапански институт за одржавање фабрика је постао регулаторно тело, које поседује највећу количину теоријског и практичног знања у овој области. Институт је постао непрофитна организација при јапанском Министарству економије, трговине и индустрије, а награде се додељују свим компанијама, које су постигле одређени ниво изврсности у *TPM*-у, без обзира на географску локацију. До сада је око 3200 фабрика широм света ступило у програм оцењивања *JIPM* института [34].

Успешан пример из Србије, представља компанија *Tetra Pak* у Горњем Милановцу. Компанија иницирала примену Тоталног продуктивног одржавања 1999. године и добила је прву награду изврсности 2005. године (Награду за изврсност у *TPM*-у категорије Б) и била је прва компанија у *Tetra Pak* групацији, која је добила награду за *TPM*. Како је време одмицало у компанији су се јављала све већа и већа побољшања. Развојем нових технологија штампе, које обезбеђују штампање изврсног квалитета уз смањење емисија угљен-диоксида, креирањем центра за дизајн производа и реконструкцијом линије за ламинирање, компанија *Tetra Pak*, је себи обезбедила Награду за *TPM* достигнуће светске класе, највишу награду, коју додељује *JIPM* институт [35].

Критеријуми за додељивање награда су ригорозни, а анализирању стања у компанијама се приступа на холистички начин. Свака награда има себи својствене критеријуме за оцењивање. Најкомплекснији критеријуми примењују се код процена везаних за Награду за *TPM* достигнуће светске класе и сврстани су у следећих десет категорија :

1. Политике и циљеви Тоталног продуктивног одржавања
2. Индивидуална побољшања
3. Аутономно одржавање
4. Планско одржавање
5. Одржавање квалитета
6. Развој производа и контрола опреме
7. Тренинг и развој
8. Административни сектори и одељења за надгледање
9. Безбедност, санитарност и заштита шивотне средине и
10. Ефекти и евалуација Тоталног продуктивног одржавања.

Свака од поменутих категорија садржи по више десетина појединачних активности, које је неопходно проверити, приликом евалуације неке фабрике. Материјали за проверу у виду *checklist*-а су доступни свима на увид. Поменути критеријуми су део *checklist*-е са ознаком "S".

6. Закључак

Lean представља скуп алата и методологија, чијом се применом могу постићи изврсни резултати. Применом "5S" слата стварају се услови за примену других комплекснијих метода. Примарна ствар код примене осталих алата је чист и добро организован радни простор. На чистим машинама и опреми могу се много лакше уочити неправилности, а чисто радно место је и преудуслов за безбедно радно место. Идентификовањем губитака се оптимизују радни процеси и искоришћеност ресурса што значајно утиче и на смањење трошкова производње, обраде и транспорта. Мапирањем тока вредности одређују се елементи процеса, који додају вредност производу и кораци који не додају вредност, али су неизбежни, остали кораци би требало да буду елиминисани. Елиминисање непотребних корака у значајној мери може смањити време производње, време чекања, као и свеукупне трошкове. *Just in time* принцип *Lean* производње постао је принцип производње светске класе. Неки од главних циљева примене *Lean* концепта су стварање квалитетног производа у тачно предодређеним временским оквирима, оптимизовање процеса производње, коришћење флексибилних машина, максимално искоришћење ресурса уз минимална улагања, смањивање броја инвентара, оптимизовање и ергономско пројектовање радних места и повећање морала и посвећености свих запослених.

Тотално продуктивно одржавање представља изузетно користан алат, који прописује активности одржавања опреме и квалитета. Циљеви примене овог концепта су елиминисање губитака, отказа, шкартова и незгода на раду. Смањењем броја отказа опреме, постиже се значајно повећање продуктивности, смањују се трошкови и количина инвентара и смањује се количина рада, потребна за обављање одређеног процеса. Применом аутономног одржавања и разрадом плана одржавања постепено се постиже максимална ефикасност и искоришћеност опреме, што у великој мери утиче на смањење трошкова и раст производних капацитета.

Циљеви *TPM*-а представљају темеље производње светске класе (*eng. World Class Manufacturing- WCM*). Елементи попут аутономног одржавања, одржавања квалитета, превенције одржавања и планираног одржавања су саставни део *WCM*-а. Већина осталих пракси *WCM*-а створена је на основу унапређења појединих елемената Тоталног продуктивног одржавања [36].

Поред примене у *WCM*-у, значај Тоталног продуктивног одржавања се огледа и у примени његових елемената у стандарду ISO 9001:2008. На основу анализе шесторице експерата овог стандарда, постигнут је закључак да су *TPM* концепт и стандард ISO 9001:2008 усаглашени у мери од преко 80% [37]. Овај стандард прописује све кораке *TPM*-а попут аутономног одржавања, фокусираних побољшања, управљања ресурсима, одржавања квалитета итд. Узимајући у обзир то да се стандарди Међународне организације за стандардизацију примењују у 170 земаља широм света и да се серија стандарда ISO 9001 успешно примењује у преко милион компанија, долази се до закључка да је концепт Тоталног продуктивног одржавања оптимални приступ, који би требало примењивати у свакој компанији, која има намеру да буде конкурентна на светском тржишту.

7. Литература

- [1] Amaro P., Carvalho A. & Sousa R. - „*Lean Thinking: A Transversal and Global Management Philosophy to Achieve Sustainability Benefits*” (2019) Springer International Publishing, Basel, Switzerland
- [2] Taylor F. W. - „*The Principles of Scientific Management*” (1911) Harper & Brothers, New York, USA
- [3] Womack J., Jones D. & Roos D. - „*The Machine That Changed the World*” (1990) Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA
- [4] Ben-Daya M., Kumar U. & Murthy P. - „*Introduction to Maintenance Engineering Modeling, Optimization, and Management*” (2016) John Wiley & Sons Ltd, Hoboken, USA
- [5] Nakajima S. - „*Introduction to TPM (Total Productive Maintenance)*” (1988.) Productivity Press, Portland, USA
- [6] Liker J. , Ettlie J., Campbell J. - „*Engineered in Japan: Japanese Technology-management Practices*” (1995) Oxford University Press, Oxford, UK
- [7] Torsten D. & Girón J. - „*Lean Maintenance - A Practical, Step-By-Step Guide for Increasing Efficiency*” (2018) Taylor and Francis, London, UK
- [8] Womack J. & Jones D. - „*LEAN THINKING – Banish waste and create wealth in your corporation, Revised and Updated*” (2003) Free Press, London, UK
- [9] Harish K. & Selvam M. - „*Lean Wastes: A Study of Classification from Different Categories and Industry Perspectives*” (јануар 2015) International Journal of Applied Engineering Research, Delhi, India
- [10] Hirano, H. - „*JIT Implementation Manual - The Complete Guide to Just-inTime Manufacturing Second Edition Volume 2: Waste and the 5S*” (2009.) CRC Press, USA
- [11] Омербеговић-Бијеловић Ј., Лазић-Рашковић Д. & Ракићевић З. – „*Управљање процесом отклањања уских грла*” (2019) Факултет организационих наука, Београд, Србија
- [12] Effendi M., Mohd R. & Arzul R. - „*Framework of Andon Support System in Lean Cyber-Physical System Production Environment*” (2019) Conference of the Japanese society of Mechanical Engineers, no. 19-3, University Aojama Gakuin, Tokyo, Japan
- [13] Kelly R. - „*The Myths and Truths of Lean Transformations: How to Successfully Make the Transition from Theory to Effective Deployment*” (2019) године, Taylor and Francis, London, UK

- [14] Bremer M. - „*How to Do a Gemba Walk: Coaching Gemba Walkers*” (2016) Google books
- [15] Protzman C., Whiton F., Kerpchar J. & Lewandowski C. - „*The Lean Practitioner’s Field Book: Proven, Practical, Profitable and Powerful Techniques for Making Lean Really Work*” (2016) Productivity Press, London, UK
- [16] Liker J. - „*The Toyota Way 14 Management Principles from the World’s Greatest Manufacturer*”(2004) године, McGraw-Hill, New York, USA
- [17] Demirbas D., Blackburn R. & Bennett D. - „*KAIZEN PHILOSOPHY IN A MODERN-DAY BUSINESS*”(2019) Istanbul University Press, Istanbul, Turkey
- [18] Tonić N., Arsovski S., Djapan M. & Mačužić I. - „*MANUFACTURY EFFECTIVENESS IMPROVING USING LEAN AND 5S METHOD*”(2014) 8th International Quality Conference, Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Kragujevac, Serbia
- [19] Velimirović D., Velimirović M. & Stanković R. - „*ROLE AND IMPORTANCE OF KEY PERFORMANCE INDICATORS MEASUREMENT*”(2011) Serbian Journal of Management (vol. 6), Bor, Serbia
- [20] Narses A. - „*Case study: Production and OEE improvement for an 800 tons stamping press*”(2013) Master thesis, School of Innovation, Design and Engineering, Mälardalen University, Eskilstuna, Sweden
- [21] Chen Y. & Haoqi L. - „*Research on Engineering Quality Management Based on PDCA Cycle*”(2019) School of Management Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao, China
- [22] Santos J., Wysk R. & Torres J. M. - „*Improving Production with Lean Thinking Equipment Efficiency: Quality and Poka-Yoke*”(2004) John Wiley & Sons LTD, Hoboken, USA
- [23] Ribeiro R. , Souza J. & Beluco A. - „*Application of the single-minute exchange of die system to the CNC sector of a shoe mold company*”(2019) Cogent Engineering Journal
- [24] Orr L. & Orr D. - „*Eliminating Waste in Business: Run Lean, Boost Profitability*”(2014) Apress, New York, USA
- [25] Тодоровић П. - „*Основи одржавања*”(2016) Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, Крагујевац, Србија
- [26] Pačaiová H. & Ižaríková G. - „*Base Principles and Practices for Implementation of Total Productive Maintenance in Automotive Industry*”(2019.) QUALITY INNOVATION PROSPERITY Journal, Košice, Slovak Republic
- [27] Kiran, D. – „*Total Quality Management*”(2017.) Butterworth-Heinemann, Oxford, UK

- [28] Gupta S. , Tewari P. & Sharma K. - „*TPM CONCEPT AND IMPLEMENTATION APPROACH*” (2006.) Haryana Engineering College, Haryana, India
- [29] Bai, Z. Q., Dai, M., Wei, Q. Y., & Zhang, Z. S. - „*An OEE Improvement Method Based on TOC*” (2018) 25th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice, Nanjing, China
- [30] Gupta, R., Sonwalkar, J. & Chitle, A. - „*Economics of Early Equipment Management – Life Cycle Costing*” (2003) The Journal of Business Perspective, Vol 1.
- [31] Gupta, A. & Garg, R. - „*OEE Improvement by TPM Implementation: A Case Study*” (2012), International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR) Volume 1
- [32] Wakjira, M. & Singh, A. - „*Total Productive Maintenance: A Case Study in Manufacturing Industry*” (2012) Global Journal of researches in engineering - Industrial engineering, Vol. 12
- [33] Okpala, C. & Onyekachi E. - „*BENEFITS AND CHALLENGES OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE IMPLEMENTION*” (2016) International Journal of Advanced Engineering Technology, Vol. 7
- [34] Nakamura, T. -, „*WCOM: History of TPM and JIPM: The TPM Awards From the Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM)*” (2016) Springer International Publishing Basel, Switzerland
- [35] <https://tetrapak.com/rs/about/newsarchive/factory-gm-got-prestigious-world-class-award>, приступљено 1.9.2019.
- [36] Muganyi, P. & Mbohwa, C. - „*Comparative Aspects between TPM and World Class Maintenance – Literature Review*” (2017) Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Bogota, Colombia
- [37] Sivaram, N. M., Devadasan, S.R., Murugesh R., Karthi, S. & Sreenivasa C. - „*Synergising total productive maintenance elements with ISO 9001:2008 standard based quality management system* ” (2013) The TQM Journal, Vol. 26