

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер студије

Модул: Индустријски инжењеринг

Предмет: Управљање индустријским процесима

Број индекса: 445/2017

Светлана В. Мировић

Управљање кључним индикаторима перформанси квалитета производа у оквиру производње светске класе Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. Др Иван Мачужић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да представи WCM концепт. Опише кључне индикаторе учинка у сваком од стубова производње светске класе, а посебан осврт треба да буде на пилару Квалитета где је студент обављао своју стручну праксу.

Препоручена литература:

- [1] Ђокић И .,(2010, May Focused Improvement in Real Time. In 4th International Quality Conference Kragujevac: Center for Quality, Faculty of Mechanical Engineering, University of Kragujevac
- [2] Sarı, E. B. WORLD CLASS MANUFACTURING (WCM) MODEL AND OPERATIONAL PERFORMANCE INDICATORS: COMPARISON BETWEEN WCM FIRMS. Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 19(2), 249-269
- [3] Mendes, R. D. C., & Mattos, M. C. D. (2017). Knowledge Management and World Class Manufacturing: an initial approach based on a literature review. Perspectivas em Ciência da Informação, 22(2), 244-263

Крагујевац, датум

Ментор:
Име, презиме и звање ментора

Садржај

УВОД.....	3
1. ПРОИЗВОДЊА СВЕТСКЕ КЛАСЕ – WCM (World Class Manufacturing)	5
1.1 Мисија и принципи.....	9
1.2 Методологија	10
2. ПОКАЗАТЕЉИ ПЕРФОРМАНСИ У МОДЕЛУ ПРОИЗВОДЊЕ СВЕТСКЕ КЛАСЕ	11
2.1 Пилари у WCM-у.....	13
2.1.1 Safety First – Безбедност на првом месту.....	13
2.1.2 Распоређивање трошкова	18
2.1.3 Фокусирано побољшање	20
2.1.4 Аутономно одржавање	23
2.1.5 Професионално одржавање.....	26
2.1.6 Логистика и однос са купцима	28
2.1.7 Рано управљање опремом и производима	32
2.1.8 Развој људи (Људски ресурси)	35
2.1.9 Заштита животне средине	37
3. КВАЛИТЕТ (Quality control)	38
3.1 Индикатори у квалитету.....	39
3.2 Алати у Квалитету	41
3.3 Статистичка Контрола процеса (Statistical Process Control)	49
3.3.1 Анализа способности (Capability Analysis).....	49
4. ЦЕНТАР ЗА МЕТРОЛОГИЈУ ФИАТ СРБИЈА	52
4.1 Кључни индикатори учинка у центру метрологију у FCA Србија.....	58
4.1.2 PPAP (Production Part Approval Procces) - Одобрење производних делова у процесу	59
5. ЗАКЉУЧАК	61
ЛИТЕРАТУРА	62

Резиме

Производња светске класе (WCM) је савремени концепт који се испоставио као ефикасан алат за производне организације на светском тржишту. Примена овог концепта резултирала је побољшањем процеса, побољшањем продуктивности, квалитета и смањењем трошкова. Састоји се из десет техничких пиlara и велики значај се придаје квалитету производа. Стално побољшање се врши праћењем кључних индикатора перформанси – KPI.

Кључне речи: WCM, пиlари, квалитет, KPI.

Abstract

World-class manufacturing (WCM) is a modern concept that has proven to be an effective tool for manufacturing organizations in the global market. The implementation of this concept has resulted in process improvements, productivity improvements, quality improvements and cost reductions. It consists of ten technical sawmills and great importance is attached to the quality of the product. Continuous improvement is made by monitoring key performance indicators - KPIs.

Keywords: WCM, pillars, quality, KPI.

УВОД

Откако је глобална финансијска криза заживела крајем 2008. године, притисак је на све компаније света, од малих фирми до мултинационалних, да би се оствариле уштеде уз повећање продуктивности. Лако је остварити добре резултате, али најконкурентније компаније су оне које успевају изгледати добро у кризи. Ови економски притисци су усадили осећај хитности у циљ остваривања штедње уз повећање продуктивности у свакој компанији [1].

Производња светске класе (World Class Manufacturing - WCM) је један од најпознатијих производних система у свету, односно то је другачији скуп концепата, принципа, политике и технике управљања као и управљање производњом компаније. Производња светске класе (WCM) настала је као идеја у Јапану под именом TPM, што значи потпуно продуктивно одржавање. WCM се првенствено фокусира на континуитано побољшање квалитета, трошкова, времена, флексибилност и сервис за кориснике. Главни циљ WCM-а је смањење или уклањање губитака [2].

Произвођачи у многим индустријама суочавају се са притисцима конкуренције широм света. Морају да обезбеде висококвалитетне производе са најсавременијим перформансама да би преживели, а још мање просперирали. Аутомобилска индустрија није изузетак. Постоји јак притисак да се произведу високе перформансе уз минималне трошкове. Компаније које покушавају да усвоје WCM су развиле изјаву о корпоративној филозофији или мисији у којој су оперативни циљеви уско повезани. Општа перцепција је да када се организација сматра светском класом, она се такође сматра најбољом у свету. Али недавно, многе организације тврде да су произвођачи светске класе. Заиста можемо дефинисати производњу светске класе као различите производне процесе и организационе стратегије које све имају флексибилност као своју примарну бригу. На пример, дефинисано је водство за квантификовање светске класе, затим постројења морају показати изванредне резултате како на продуктивности тако и на мерама квалитета. Сумирајући, можемо рећи да појам Производња светске класе (WCM) значи спровођење најбоље праксе у производњи.

Суочена са интензивним сценаријем конкуренције и тржишне несигурности, индустрија стално покушава да смањи своје трошкове производње и ублажи своје губитке и, у смислу екстерног окружења, остане конкурентна, углавном кроз иновације, одрживе, унутар тих микро и макро односа и способне да подрже унутрашње и спољне притиске. У том циљу, развијено је неколико концепата и техника везаних за квалитет, продуктивност, инжењеринг и смањење отпада, које углавном произилазе из проучавања успешних случајева. Један такав концепт "World Class Manufacturing" (Производња светске класе) (WCM).

Појам WCM први пут су користили Хаинес и Велфрихт (1984), који је увео скуп принципа, најбољих пракси и техника - изведених из њихових истраживања у јапанским и њемачким компанијама - што би сваку компанију довело до врхунских перформанси. Према ауторима, WCM ствара "осећај правца" за произвођаче светске класе: да постану врхунска компанија, посебно у управљању операцијама. WCM се заснива на техникама и производним алатима у циљу смањења отпада, повећања квалитета и производње, као и побољшања логистике, између осталих предности. Многе од ових техника потичу из Toyota-иног производног система Toyota Production System (TPS).

2000. године, WCM је поново осмишљен тако да укључи концепт потпуне контроле квалитета (Total Quality Control - TQC) у TPS (Toyota Production System) методу и алате у приступу корак по корак прилагођен западној култури. Пошто је организациона култура одлучујући фактор за функционисање производног система као што је TPS, модел који је створен интеграцијом TQC је структура која је првобитно прилагођена европским компанијама и која омогућава увођење неопходне организационе културе у којој још увек не постоји.

Да би развили овај нови модел изврности, неке компаније широм света упознале су се са удружењем WCM, укључујући Ariston Group, Elica, Embraco Fiat Industrial, Fiat Spa & Chrysler, Royal Mail, Polonia, Unilever i Volvo Powertrain. Од тог тренутка, скраћеница WCM -а је коришћена као референца на овај нови модел који је развило Удружење WCM 2000. године.

Међу наведеним компанијама, Фиат Група послује широм света у развоју и имплементацији WCM програма у својим добављачима. Након што се Fiat придружио Chrysler-у, програм проширио на обе компаније.

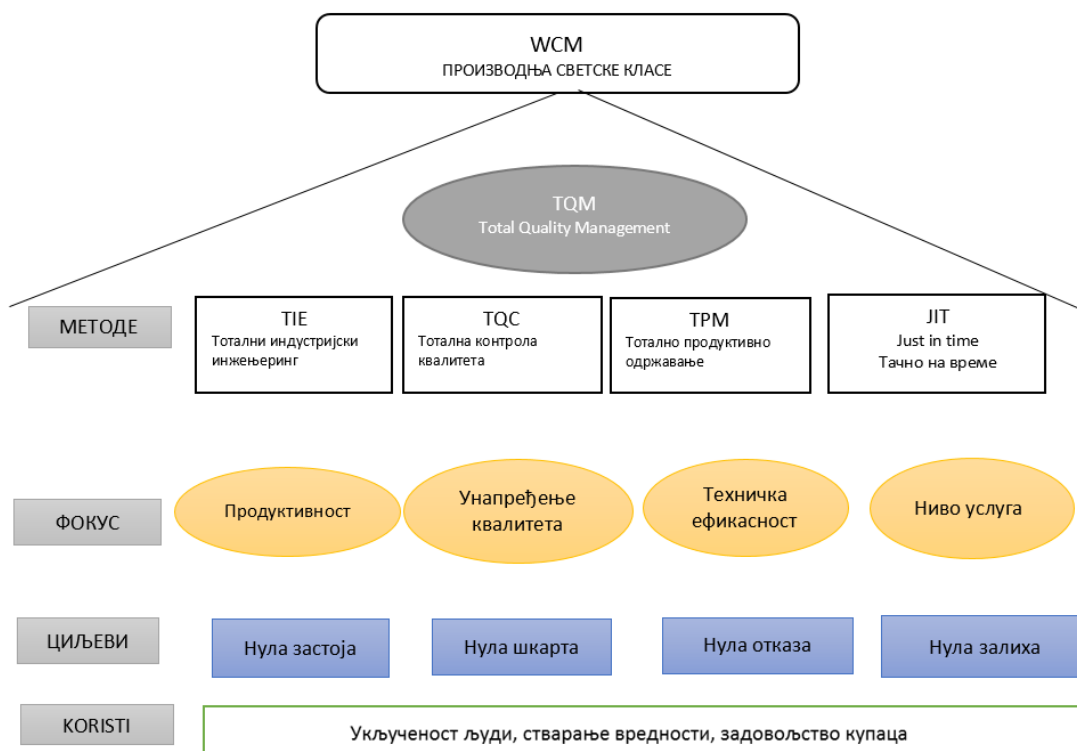
До децембра 2015, најмање 95 компанија које се односе на Fiat Chrysler Automobiles (FCA) у Латинској Америци већ су се придружиле WCM -у, од којих су многе део WCM Light програма, који има мање могућности.

Један од неколико циљева постављених од стране WCM Light-а за добављаче ауто-делова је стална генерација идеја за побољшање перформанси. Сваких девет месеци, сваки оператер треба да развије шест "брзих веза", које су побољшања ниске сложености.

Концепти "омогућавања контекста" и "процеса конверзије знања" из управљања знањем, директно се односе на брзу имплементацију каузалних процеса и процеса праћења [3].

1. ПРОИЗВОДЊА СВЕТСКЕ КЛАСЕ – WCM (World Class Manufacturing)

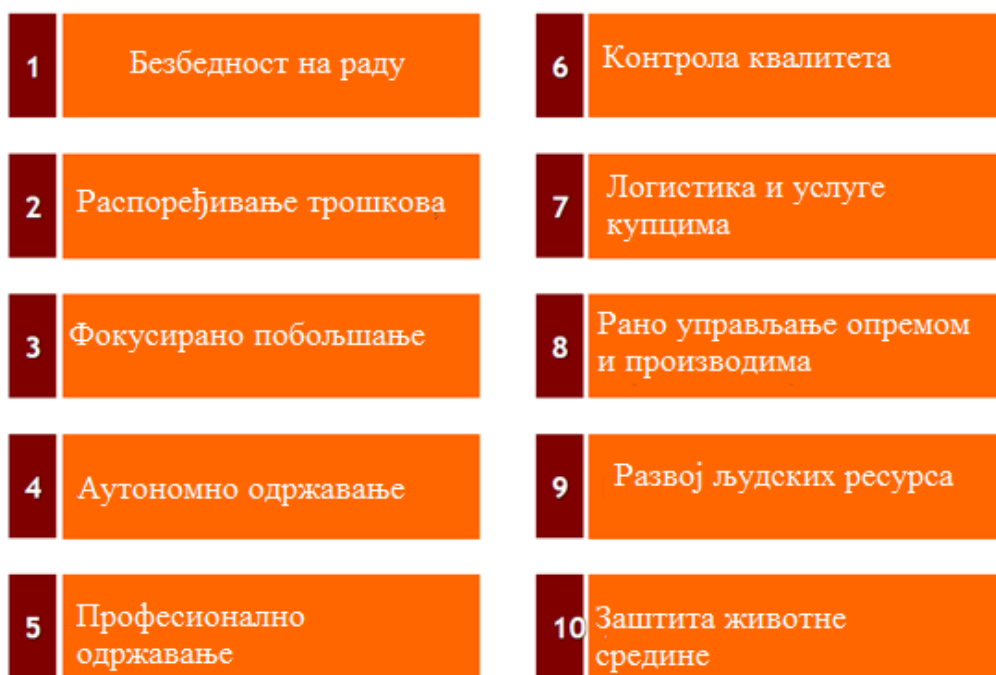
Више од 40 година индустрија широм света усвојила је алате и технике сталног побољшања како би усавршила своје пословање, постајући конкурентнија. Континуирано и непрестано побољшање производних процеса и метода управљања наглашава се као кључни фактор за успех компаније на тржишту, јер је конкурентска предност последица ниске цене и високе учинковитости. Технике као што су Тојотин производни систем (Toyota Production System - TPS), Just in time (JIT), контрола квалитета (Total Quality Control - TQC) и Лин производња (Lean Manufacturing) имплементиране од стране многих компанија, што их је навело да поново осмисле своје стратешке циљеве, управљање, систем за управљање рачуноводством, систем мерења перформанси и управљање операцијама. Истраживања су показала да је у последње две деценије у свету дошло до појаве ефективних снага усмерених на реформу економских и организационих заједница. То за последицу има фундаменталне промене у пословној стратегији, а ове покретачке снаге су навеле појединце и организације да схвате значај светске производње (World Class Manufacturing - WCM). Поред тога, уклањање трговинских баријера и интензивирање међународне конкуренције довели су организације под екстремни притисак да преиспитају своје традиционалне производне праксе и размотре усвајање нових пракси као што је WCM, тражећи диференцијацију и предност у односу на конкуренте [3].



Слика 1: Шематски приказ WCM-а [3]

Термин WCM обухвата ширину и суштину фундаменталних промена које се дешавају у индустријском пословању. Главна претпоставка WCM-а је оптимизација процеса елиминацијом свих губитака и отпада. Компанија која значајно смањује трошкове својих активности сматра се референтном вредношћу у датом сектору и сматра се компанијом "Светске класе". Потврђује се да је WCM филозофија решавања проблема у производној компанији. Такође, концепт је првобитно имплементиран због аутомобилских интереса, али су тренутно функције WCM система присутне у многим секторима индустрије. WCM принципи уведени су широм света, показујући велике стратешке промене у индустрији. Осамдесетих година преиспитивани су принципи WCM-а, како би се постигли још бољи резултати него првобитно. У једном временском периоду није се посвећивало довољно пажње на WCM, и то до касних деведесетих, да би се радило на Леан производњи. Али убрзо након тога без обзира што Lean Manufacturing баца у сенку све теоретске моделе које потичу из Тојотиног производног система (Toyota Production System - TPS) 2000 године, неке компаније широм света су обновили и осмислили WCM. Данас све већи број компанија металуршке индустрије проводи концепт WCM -а. Аутори тврде да је основни принцип на којем се темељи WCM да оптимизује производне процесе кроз континуирано побољшање и елиминацију било којег отпада. Елиминацији губитака претходи идентификација и процена трошкова. Ова процена је повезана са подручјем настанка губитка. У процесу снабдевања настају и губици, а њихова детаљна процена омогућава боље израчунавање стварних трошкова производње.

Свака компанија мора да ради свој начин да достигне ниво WCM -а. Међутим, многе организације су усвојиле конфигурацију од 10 главних стубова (пилара), који би, након њихове имплементације, требали пружити референтну позицију у свом сектору активности, као што је приказано на слици 2 [3].



Слика 2: Пилари (стубови) WCM –а [3]

WCM усваја континуирани приступ који се састоји од промена у многим организацијама, као што су: управљање квалитетом, побољшање радних односа, подршка и обука, побољшање односа са добављачима и купцима, програмирање инвентара и управљање, одржавање опреме и аутоматизација процеса са информацијама технологије. Неке погодности које WCM може пружити организацијама које га користе су: профит,побољшање, нови производни програми, усклађивање са потребама купаца, трошкови смањења добављача, трошкови смањења производње, иновације, побољшање метрике за мерење перформанси, итд. Стога приступ WCM -а постаје критични фактор за предузеће, конкурентску предност јер промовише флексибилност и способност да се више мења, брзо решавање потреба тржишта и купаца. Ова флексибилност је сада неопходна због начина на који је глобализација погодила све врсте индустрије. Дакле, индустрија која држи масовни производ крутим и одржава традиционалан начин пословања неће моћи да прати промене и глобалне захтеве. WCM приступ представља скуп пракси и методологије за задовољавање потреба клијената уз задржавање високог квалитета и контроле уз минималне трошкове производње. Обично WCM предузећа имају следеће карактеристике: нагласак на стратешком размишљању уместо краткорочне добити; систематску доминацију глобалних конкуренција као што су: квалитет, трошкови и флексибилност; менаџерски однос према потребама купаца; бољи учинак у добити у односу на њихове конкуренте; брзе реакције на промене у спољном окружењу; елиминација непотребних процеса; добар информациони систем; култура иновација и квалитета; и запослене који обављају ефикасно одржавање и корекције система. WCM је снажно повезан са Лин концептом (Lean Manufacturing), јер постоји и фокус на смањењу отпада. Међутим, WCM додаје нову парадигму који се фокусира на задовољавање потреба клијената што је брже могуће и сусрет са брзим променама које се догађају на тржиштима с обзиром на преференције и произведене количине.

Да би одређено предузеће добило статус производње светске класе,постоје процедуре које морају бити испоштоване. То је могуће уз помоћ одређених пракси за постизање WCM концепта. Такве праксе укључују специфичне процедуре, нове организационе аранжмане, протоколе, алате, технике и друге начине организовање ствари. На пример, за побољшање квалитета можете користити процес учења и концепти стварања знања. Аутори такође анализирају аспекте који се односе на WCM користећи студије о уобичајеним организационим праксама које се користе организације. Ови укључују:

- Управљања квалитетом (Quality Management);
- Тачно на време (Just in Time);
- Оријентација на клијенате (Customer Orientation);
- Управљање односима са добављачима (Supplier Relationship Management);
- Интегрисани развој производа (Integrated Product Development);
- Развој запослених (Employee Development);
- Лидерство (Leadership) [4].

Крајем 1980-их, дошло се до закључка да је WCM заједнички језик за концепте као што је потпуна продуктивност, одржавање, управљање укупним квалитетом, континуирана производња и укључивање запослених како би се објасниле различите врсте техника које се користе се на различитим местима у различитим временима у модерним производним системима.

WCM је развијен и коришћен као модел 2006. године како би се превазишла криза у Fiat Chrysler Automobiles (FCA) групи. WCM модел је базиран на нули отпада (шкарта) , нула отказа (дефеката), нула залиха. WCM модел је дизајнирао систематичну структуру која захтева одређене операције које се користе заједно са најбољим праксама у њиховим операцијама, и ове апликације морају бити компатибилне и синхронизоване истовремено. Да би боље илустровали ову структуру, WCM модел је сачињен од десет управљачких и десет оперативних стубова. Стубови WCM модела су резултат свеобухватног рада који захтева велики посао експертиза. На овај начин истраживачи су третирани одвојено разматрајући дубине операција и анализом модела у смислу дубине и поделе у логистику светске класе, врхунски квалитет и одржавање светске класе. Међутим, истраживања која се баве ефектима ових питања без поделе и њихове сарадње ретко наилазе на ограничења рада као што су време и трошкови за истраживање.

WCM је модел који комбинује најбоље праксе које се користе у истраживању производње. Пракса овог модела, коју компаније спајају у хармонији једна са другом током рада, је подржан од стране Fiat Chrysler Automobiles (FCA), а ширење на аутомобилску индустрију, подуговарање и компаније добављаче се убрзано наставља.

WCM модел је заснован на систематској структури која захтева да се најбоље праксе користе заједно у пословању предузећа, као и оне апликације које треба одржавати у хармоничном пословању и мултидимензионална структура, која се креће са становишта међусобне координације, као и праћење основних питања конкуренције, као што су трошкови, квалитет, брзина и флексибилност. Да би боље илустровали ову структуру, WCM модел је приказан као кров који се диже на стубовима. Десет стубова у моделу су основни центри активности за ношење крова. Блокови који су неопходни за WCM модел почињу са здрављем и сигурношћу стуба. У производном моделу светске класе, стуб "Безбедност" се заснива на сталном побољшању радног окружења, уклањању услова и понашања која могу довести до несрећа или повреда и спречавања професионалних болести. Свест о трошковима је друга снага WCM модела. Стуб "Расподела трошкова" у производном моделу светске класе представља научни и систематски метод смањења трошкова који се спроводи производњом и обучено особље. Однос између студија заснованих на анализи губитка одређује факторе трошкова који омогућавају откривање и смањење трошкова и других непознатих отпада и губитака у процесу. Када говоримо о сталном побољшању мислимо на континуирано побољшање. „Аутономне активности“ студије стуба у моделу светске класе се спровode у две фазе (Аутономно одржавање и организација на радном месту. Овај стуб, који има за циљ да обезбеди радно окружење које запослени редовно одржавају, машинско окружење свакодневним подмазивањем, чишћењем и одржавањем које поседују машине, такође поседује операторе као чланове куће и охрабрује све да буду одговорни за своја пословна подручја. Стуб одржавања је одговоран за све врсте електроничког и механичког одржавања због индустријских захтева. У производном

моделу светске класе, стуб "Професионално одржавање" ради на смањењу кварова на машинама и повећању ефикасности опреме. Стуб квалитета је одговоран за провођење квалитетних студија. У производном моделу светске класе, стуб "Контрола квалитета" се фокусира на одређивање услова процеса, одржавање унапред одређених услова и обезбеђивање усклађености производње како би се спречиле неусаглашености. Стуб логистике покрива широк спектар области од снабдевања сировинама и материјалима за производна предузећа до планова складишта у фабрици, кретања производних подручја, полуготових залиха, транспорта готових производа до купаца. У светском производном моделу, "Логистика" „стуб ради на стварању задовољства купаца одржавајући руковање материјалом на минималном нивоу, чинећи производњу компатибилном са захтевима тржишта, правилним производом, правим временом и правим бројем система. Стуб раног управљања опремом је одговоран за управљање опремом како би се направиле неопходне иновације. Стуб "Управљање раном опремом (ЕЕМ)" у производном моделу светске класе наставља да побољшава опрему. ЕЕМ се фокусира на побољшање процеса дизајнирања производа. Стуб развоја запослених одвија се уз подршку управљања људским ресурсима у WCM моделу. У производном моделу светске класе, стуб "Развој људи" односно стуб који се баву упевљањем људским ресурсима заснива се на хуманитарним питањима, искреним интересима запослених. Паралелни напредак постигнут је преклапањем циљева запослених у правцу интерних стратегија и политика.

Коначно, стуб заштите животне средине је такође одговоран за питања животне средине и управљање енергијом у оквиру предузећа. Стуб "Околина" у производном моделу светске класе бави се успостављањем система управљања околином и усвајањем основних принципа.

Модел производње светске класе примењив је на све институције и организације које су активне, као и на почетне индустријске компаније. Здравље светске класе, образовање светске класе, туризам светске класе, комуникација светске класе, услуге светске класе, као што су отворене за различите области и које ће се применити на сваку иновативну и развојну подршку. Доприноси које она пружа резултат су настојања да се доследно постигне најбоље, као што се на пример камен за градњу на којем се модел заснива у основи може прилагодити различитим пословима. Свако пословање је подржано чињеницом да има другачије и јединствене карактеристике, као и да ће светска класа покушати ухватити савршенство у својим процесима и прихватити себе као филозофију обнове [4].

1.1 Мисија и принципи

Процес постизања “World Class Manufacturing - WCM” има бројне филозофије и елементе који су заједнички за све компаније. Желимо да приметимо да су потребе и очекивања клијената веома важан елемент у WCM -у. Производна стратегија треба да буде усмерена да подржи ове потребе. То би се могло односити на сертификацију, тржишни удео, раст компаније, профитабилност или друге глобалне циљеве. Исходи треба да буду дефинисани тако да буду мерљиви и да имају одређен распоред. То су и средства за дефинисање одговорности запослених и њихово укључивање. образовање и обука запослених је битан елемент у светској класи. Они морају разумети визију и мисију компаније и последичне приоритете. Као што је уведено у производњу светске класе (World Class Manufacturing - WCM) , познате дисциплине као што су: контрола квалитета (Total Quality Control - TQC),

тотално продуктивно одржавање (Total Productive Maintenance), Тачно на време (Just In Time) и Лин производња (Lean Manufacturing) су узете у обзир. Према томе, светска класа се заснива на неколико основних принципа:

- укључивање људи је кључ за промену;
- то није само пројекат, већ нови начин рада,
- спречавање незгода је најбитнија ставка;
- глас корисника треба да допре до свих одељења и канцеларија;
- сви лидери морају захтевати поштовање постављених стандарда;
- методе треба применити са доследношћу и строгошћу;
- сви облици отпада нису подношљиви;
- све грешке морају бити видљиве;
- елиминисати узрок, а не третирати ефекат [5].

1.2 Методологија

Циљ WCM-а је да повећа флексибилност и продуктивност у основним технолошким јединицама механичких подгрупа у делу процеса у фирми уз помоћ Plan-Do-Check-Act (Планирај-Одради-Провери-Поступи) приступ:

- PLAN (Планирај)- Анализа трошкова и анализа губитака почевши од имплементације трошкова за производни процес користећи ставке и алате организације и за процес руковања логистичким и корисничким сервисима.

DO (Одради) - Анализа активности без додатне вредности; анализа ребалансне линије и анализа ребалансирања радних активности у складу са анализом логистичких токова користећи матрицу материјала и матрицу токова. Проучавање и реализација прототипа за побољшање ергономије радних станица и осигурање минималног руковања материјалом; Примена противмера у процесу производње и логистике (руковање).

- CHECK (Провери) - Анализа резултата у циљу верификације побољшања продуктивности, побољшања ергономије и оптимизације интерног руковања (у погону) и екстерних логистичких токова. Провера смањења губитака у складу са трошковима.

- ACT (Поступи) - проширење методологије и других случајева [5].



Слика 3: PDCA приступ [5]

2. ПОКАЗАТЕЉИ ПЕРФОРМАНСИ У МОДЕЛУ ПРОИЗВОДЊЕ СВЕТСКЕ КЛАСЕ

Производња светске класе фокус је на сталном побољшању. Како организације прихватају производњу светске класе, њима су потребне нове методе мерења перформанси како би проверавале њихово стално побољшање. Традиционални системи за мерење перформанси нису валидни за мерење производне праксе светске класе јер се заснивају на застарелим традиционалним системима управљања трошковима, заостајућим метрикама, које се не односе на корпоративну стратегију, нефлексибилне, скупе и контрадикторне континуираном побољшању. Да би се упознали са перформансама светске класе, мерење је важно зато што "ако га не можете мерити, не можете га контролисати и на тај начин не можете да га побољшате" [6].

Међутим, неки аутори су предложили само продуктивност као меру производних перформанси. Док су неки идентификовали потребу за методом која би се могла користити за развој мера које могу обухватити различите индустријске групе. Са ове тачке гледишта потребно је напоменути да је потребно непрестано развијати систематичније приступе како би се побољшао пројекат и процес. Конкретно, у WCM -у можемо користити два типа индикатора: кључни индикатор учинка (КПИ) и индикатор кључних активности (КАИ). КПИ представља резултат побољшања пројекта, нпр. продаја, профит, продуктивност рада, стопа перформанси опреме, стопа квалитета производа, средње време до неуспјеха (МТБФ) и просечно време за поправак (МТТР). КАИ представља процес за постизање сврхе побољшања пројекта, нпр. укупан број циклуса обуке за запослене који се баве пројектима побољшања перформанси, укупан број запослених који положи јавни сертификацијски испит и укупан број случајева Каизена. КАИ и КПИ преглед који се примењује корак по корак види се на слици 4.



Слика 4: КАИ и КПИ [6]

У концепту производње светске класе (World Class Manufacturing - WCM), постојећи оперативни стубови (пилари) за систематско извршавање пословних процеса у области рада се настављају са апликативним алатима које имају у својим структурама. Алати за примену су пројекција корака који следе у стубовима са кључним индикаторима активности (Key Activity Indicators - KAI) у радном подручју и напредак активности стуба се прати корак по корак са кључним показатељима учинка (Key Performance Indicators - KPI) [7].

Кључни индикатори активности оперативних стубова у структури WCM -а треба да прате операције на стубовима. Пошто се WCM заснива на филозофији која захтева континуитет, кључни индикатори активности (КАИ) су оперативни у складу са развојем и променом модела. КАИ су коришћени у приступу од седам корака због напретка реактивних, превентивних и проактивних фаза WCM модела и одређују се у складу са потребама оперативних стубова [7].



Слика 5: Подела корака [7]

Док се кључни индикатори активности решавају од стране тимова стубова како би се осигурало да се десет оперативних стубова који чине оперативну структуру WCM-а истовремено прате, активности стубова који утичу једни на друге такође се усклађују са кључним показатељима учинка (KPI) . Успостављене су везе између кључних показатеља учинка (KPI) и кључних показатеља активности (KAI) које се користе у стубовима, а тачке на које треба утицати су одлучујуће да допринесу напретку преосталих индикатора. Важност ових KPI - јева треба да се оцењује на такав начин да се сваки стуб третира одвојено, и да укључује остале стубове који утичу на резултате [7].

2.1 Пилари у WCM-у

Мерење перформанси је фундаменталан принцип управљања. Мерење перформанси је важно зато што се једино на такав начин идентификују тренутне разлике у перформансама између тренутне и жељене перформансе и даје индикацију напретка. Пажљиво одабран кључни показатељи учинка прецизно идентификују где да предузму мере да се побољшају перформансе. Мерењем перформанси основног модела управљања квалитетом светске класе (WCM) за производни систем у Fiat Group Automobiles како би производи највишег квалитета елиминисали губитке у свим фабричким пољима и побољшали рад стандардима. У ствари, (World Class Manufacturing - WCM је производни систем који је дефинисало 6 међународних компанија, укључујући у Fiat Group Automobiles са намером да повећају своје перформансе и стандарде на ниво светске класе уз сарадњу водећих европских и јапанских стручњака, а то укључује све процесе постројења укључујући и квалитет одржавања, управљања трошковима и логистике итд. са универзалне тачке гледишта. Према томе, производња у аутомобилској индустрији захтева способност управљања производом и припадајућих информација у целом произвођачу. Системи се морају проширити изван њихове традиционалне улоге праћења производа како би активно управљали производом и његовом обрадом. Ово захтева координацију протока информација између процесне опреме и система вишег нивоа, подржавајући и ручни и аутоматски интерфејс. Методологија студије случаја је коришћена за прикупљање детаљних информација о стратешким циљевима поделе и постројења, системима мерења перформанси и везама система мерења перформанси. Резултат истраживања био је да се развију принципи о стратешким циљевима, системима за мерење перформанси и системима мерења перформанси за побољшану координацију организације. Сврха непрестаног унапређивања је да се испита однос између система поделе и система за мерење перформанси постројења дизајнираних да подрже стратешке циљеве фирме и да побољшају организациону координацију [8].

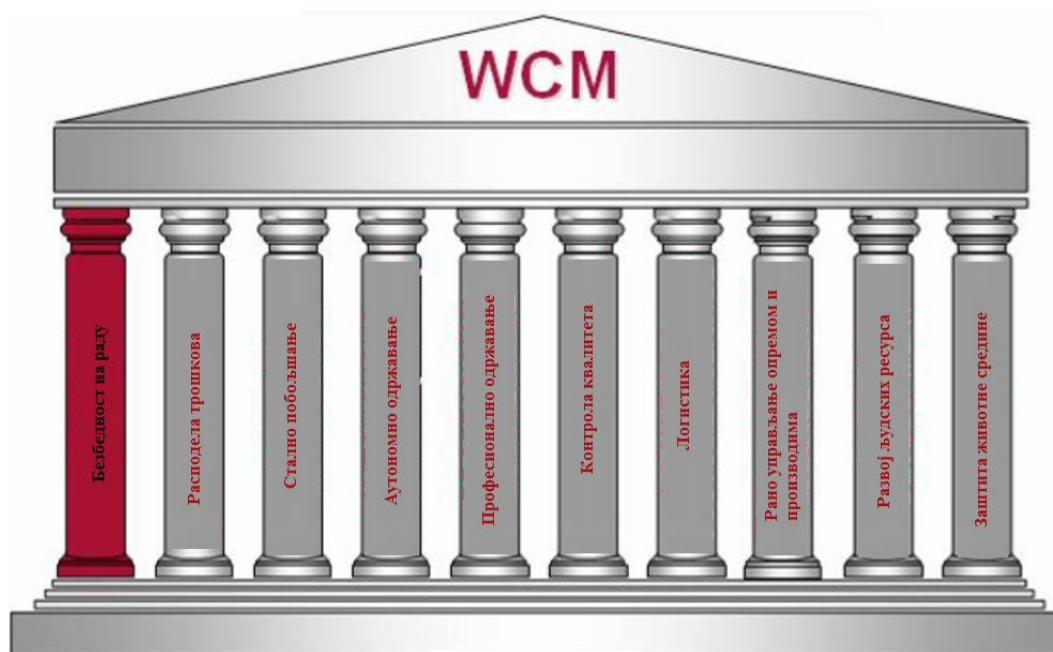
2.1.1 Safety First – Безбедност на првом месту

Успех WCM модела заснива се на акцијама које се спроводе истовремено са 10 дисциплина (названих стубови, или "pillars" на енглеском језику), међу којима се безбедност и здравље на радном месту истичу као најбитнији елемент. Безбедносни стуб обухвата све аспекте здравља и сигурности. Његов циљ је да задовољи потребе запослених, осигуравајући

континуирано побољшање сигурности на радном месту у циљу елиминисања услова који могу изазвати инциденте, повреде и болести. Безбедност је увек прва. Ништа није важније од здравља и сигурности радника.

Основни циљеви сигурносног стуба су:

- Смањење / елиминација свих ризика везаних за небезбедне услове и несигурне радње
- Драстично смањење незгода и инцидената
- Развој културе превенције незгода
- Развој специфичних професионалних вештина кроз организацију [8].



Слика 6: *Стуб за безбедност на првом месту* [8]

Основни циљеви стуба безбедности у WCM-у су:

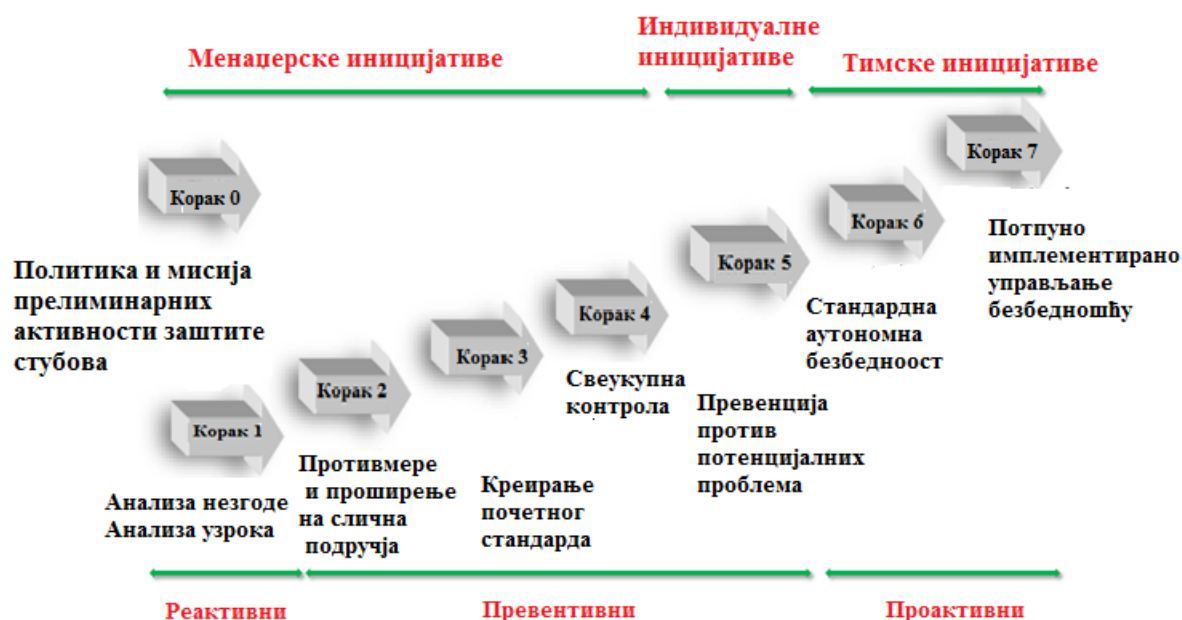
- нула повреда,
- нула промашаја,
- нулти несигурни услови и
- нула несигурних радњи.

Континуирани процес ревизије од стране менаџмента повећава унутар целе организације свест о сигурности која даје право "преданост". У ову област су прикључени различити актери, од директора постројења до руководиоца линије, и сви имају одговорност да пријаве било каква одступања и осигурају да се примене ефективне против мере. Да би се постигли одговарајући циљеви морају бити испуњени одређени услови:

- Снажно ангажовање руководства
- Јасне одговорности дефинисане за линијску организацију
- Учешће свих радника
- Комуникација и обука
- Прикладне вештине
- Агресивни циљеви
- Високи стандарди перформанси
- Особље за подршку и компетентни стручњак за сигурност
- Континуирана ревизија и систем посматрања.

Свеобухватни систем управљања здрављем и сигурношћу на раду интегрисан у производни систем. Непрестано се врши унапређење сваког сегмента, а такође и велика се пажња посвећује на безбедност и заштиту на раду, и то кроз седам корака.

Проблемима се може бавити на три нивоа. Кораци могу бити реактивни, превентивни и проактивни. Када говоримо о реактивним корацима мислимо на то пошто се проблем већ појавио, спроводе се корективне мере. Превентивни кораци изводе се на основу неког пређашњег искуства, усвајају се неке превентивне мере како се исти проблем не би понављао или како би се спречили и слични проблеми. Проактивни кораци спроводе се на основу алаиза ризика, усвајају се проактивне мере како би се спречила свака евентуална појава проблема. Такође се спроводе одређене иницијативе од стране менаџмента за управљање, индивидуалне иницијативе као и тимске иницијативе [9].



Слика 7: Седам корака у стубу за безбедност [9]

Иницијативе од стране менаџмента су:

1. Манаџмент је покренуо безбедносне активности
2. 5S
3. 5W + 1H, 5WHYS
4. Познавање свих законских захтева о безбедности и стандарда компаније и анализе усаглашености
5. Хеинрихова пирамида (The Heinrich pyramid)
6. S – матрица (S –matrix)
7. Анализа несрећа, инциденти, повреде и њихове контра-мере
9. Основни безбедносни стандарди за пешачење, контролу возила, рад на висини, безбедност машина, итд.
10. План интервенција и постројења за случај несреће, пожара, експлозије итд.

Индивидуалне иницијативе су веома битне, и потребно је да сваки запослени буде укључен како би се утицало на побољшање безбедности на радном месту:

1. Сигурносна стандардизација и хоризонтална експанзија,
2. Анализа пропуста у сигурносним стандардима,
3. Матрица безбедносне одговорности, безбедносни комуникациони систем, зелени крст,
4. Визуелни безбедносни стандарди, процена ризика,
5. Безбедност укључујући и промашене и небезбедне радње и одговарајуће контра-мере
6. Анализа трендова инцидената,
7. Периодичне ревизије безбедности од стране вишег руководства, руководиоца смене,
8. Ефикасно пријављивање инцидената који су прошли без повреда,

10. Преглед здравственог стања и праћење рада.



Слика 8: Обавезе запослених и подаци о безбедности [9]

Када говоримо о тимским иницијативама подразумева се да радници анализирају постојеће или потенцијалне проблеме и дефинишу неопходна решења директно тамо где су присутни. Циљ је да се нападну несигурни услови и небезбедни акти од стране укупне укључености организације уз коришћење специфичних алата. То значи спровођење сталног процеса независних верификација на радном месту.

2.1.2 Распоређивање трошкова

Процес модернизације индустријског система повезан је са технолошким иновацијама и новом технологијом производа, процеса и услуга, захтевајући од компанија стално тражење иновација у својим активностима и производним системима. Предузећа имају за циљ и повећање оптимизације трошкова. У улози ових нових параметара у индустријској сфери, многе компаније из различитих сектора укључене су у промишљање својих старих облика производње. Веома се разматра употреба методологије имплементације трошкова као нове технолошке иновације производње светске класе. Да би се постигао циљ, неопходна је употреба алата у техничким стубовима WCM-а у производним процесима, ради постизања драстичног смањења отпада и трошкова. Оптимизација специфичних активности у производним системима омогућава повећање идентификације губитака у читавом логистичком ланцу. Светска класа производње је скуп концепата, принципа и техника за управљање оперативним процесима компаније.

Имплементација трошкова је метод који иновира управљање системима и контролу објеката, увођењем јаке везе између индивидуализације подручја које треба побољшати и резултата побољшања перформанси добијених применом техничких стубова WCM-а, мерених кроз одговарајуће кључне индикаторе перформанси (KPI). Сходно томе, она представља поуздано средство за програмско буџетирање. Увођење трошкова омогућава дефинисање програма побољшања који утичу на смањење губитака, све што се може класификовати као отпад или недодата вредност на систематски начин. Такође осигурава сарадњу између производних јединица и функције администрације и контроле. Ово се постиже кроз:

- 1) проучавање реакција између фактора трошкова, процеса који генеришу отпад и губитке на различите начине;
- 2) однос између потражње за смањењем отпада и губитака и смањења сродних трошкова;
- 3) Провера знања како би се смањио губитак;
- 4) Успостављање приоритета пројеката за смањење отпада и губитака у складу са приоритетима који произилазе из анализе трошкова / користи;
- 5) Континуирано праћење напретка и резултата пројеката побољшања. Увођење трошкова је способност да се трансформишу трошкови губитака, квантификујући у физичким мерењима.

Темељ методологије је систематска идентификација отпада и губитака подручја под експонирањем, његова процена и трансформација у вредности. То је могуће зато што повезује отпад и губитке са њиховим узроцима и пореклом, допуштајући потпуну дефиницију губитка. Поред тога, имплементација трошкова усмерава индивидуализацију најбоље техничке методе како би се уклонио узрок и детаљно проценили трошкови активности уклањања и побољшања учинка [10].

Како се кораци 1 до 4 састоје од припремних активности које служе за постављање приоритета како би активности додате вредности од корака 5 до 7 имале утицаја. Прва три корака су посебно осмишљена за израчунавање и квантификацију губитака из података о буџету за оснивање и трошкова оснивања, као и из оперативних података. Четврти и пети корак имају за циљ да дефинишу економски програм, кроз економију у смислу трошкова и утицаја за побољшање релативних кључних индикатора перформанси (KPI). Ово је дефиниција плана пројекта. Шести и седми корак имају за циљ да обезбеде извештавање и праћење резултата анализирајући квартални напредак оперативних перформанси и израчунавање уштеда у трошковима и побољшањима. Ова процедура дозвољава да се ти губици нападну другим пројектима. У случају недостатка средстава, могу се осигурати из претходних пројеката. Пројекти обично трају три месеца. Ако су пројекти комплексни и захтевају дуже време, важно је поделити их на подпројекте са средњим и краћим добицима (таргетима) [10].



Слика 9: Седам корака за распоређивање трошкова [10]

На слици 9 илустровано је седам корака методологије увођења трошкова: Губици и отпад који се јављају током извршења производног процеса додељују се машинама, људима и материјалима. Циљ имплементације трошкова је да се одреди индивидуализација онога што је губитак и шта је отпад, као и његово мерење, као и разлика између узрока и основног узрока. У процесу производње који се карактерише генерисањем излаза из инпута, ефикасност је способност да се произведе излаз (константан) и најмање један улаз, тако да се отпад дефинише као вишак инпута. Пошто је ефикасност дата способношћу да произведе максимални излаз са константним улазом, губитак се дефинише као неискоришћени улаз. Приликом наметања имплементације трошкова, прво је важно узети у обзир да се у процесу производње може идентификовати 18 значајних губитака. Они су груписани у смислу особља и материјала / енергије. Огромни губици повезани са радом машина су идентификовани као губици који утичу на укупну ефикасност опреме и као губици времена, време када је опрема искључена. Што се тиче губитака машина, трошкови имплементације се не могу увек видети одмах, посебно када је одређени део опреме критичан у смислу ефикасности. Узгред, може бити корисно имати опште ефективност опреме, ОЕЕ (Overall Equipment Effectiveness), ОЕЕ као референцу. Омогућава визуализацију структуре губитака опреме, узимајући у обзир техничку ефикасност, управљање и квалитет. ОЕЕ је индикатор који мери укупну стопу квалитета, ефикасност испоруке и техничку доступност машине [10].

2.1.3 Фокусирано побољшање

Фокусирано побољшање је мотор WCM. Као један од десет WCM стубова фокусирано побољшање има велики задатак да управља путем побољшања у фабрици, вођена са 5 индикатора:

- Број пројеката за побољшање
- Проширење прикупљеног знања кроз фабрику
- Укљученост запослених
- Однос користи / трошкова
- Број предлога за побољшање по запосленом

Најважније питање за фокусирано побољшање је идентификовање и решавање проблема главни узроци напада на проблеме за постизање максималне користи у односу на трошкове. Да би се ово постигло, што се тиче фокусираног побољшања мора да се покуша да се укључи онолико људи колико је могуће, да је свака особа различита, да се кроз тимски рад уз помоћ одговарајућих алата дође до узрока проблема.

Циљеви фокусираног побољшања су једноставни, али је потребно кроз мале кораке испуњавати:

- Побољшати сигурност, квалитет и индикатори рада.
- Смањити трошкове трансформације.
- Повећајте број људи који су укључени у фокусирање побољшања.
- Подржите хоризонталу проширење методологија.

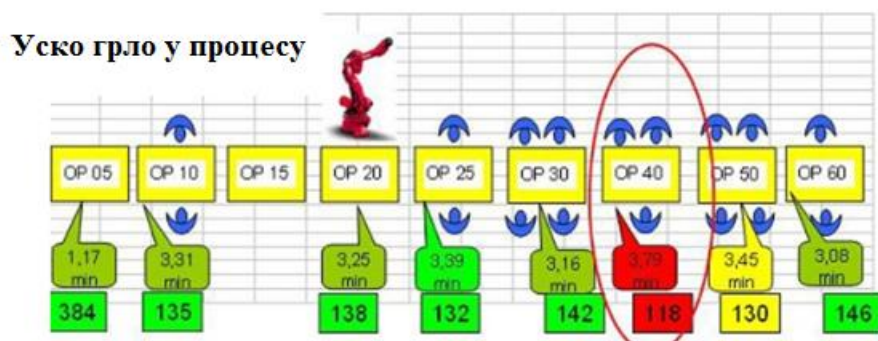
Као и сви други WCM стубови и Фокусирано побољшање има активности се заснивају на 7 корака (Слика 10) [11]:



Слика 10: Седм корака за фокусирано побољшање [11]

1. Дефиниција области модела или машина (процес уског грла, велики губици)
2. Стратификација губитака
3. Избор пројекта, припрема за распоређивање
4. Формирајте тим за побољшање
5. Пројектне активности за идентификацију исправне методе
6. Анализа трошкова и користи
7. Праћење и хоризонтално распоређивање.

Као пример фокусираног побољшања приказаћу пример процеса уског грла који је решен применом исправних метода и алата. Управа жели повећати производњу у каросерији. На основу фокусираног побољшања (корак 1) сазнали смо да постоји процес уског грла. И то је главни извор наших губитака (корак 2).



Слика 11: Пример уског грла [11]

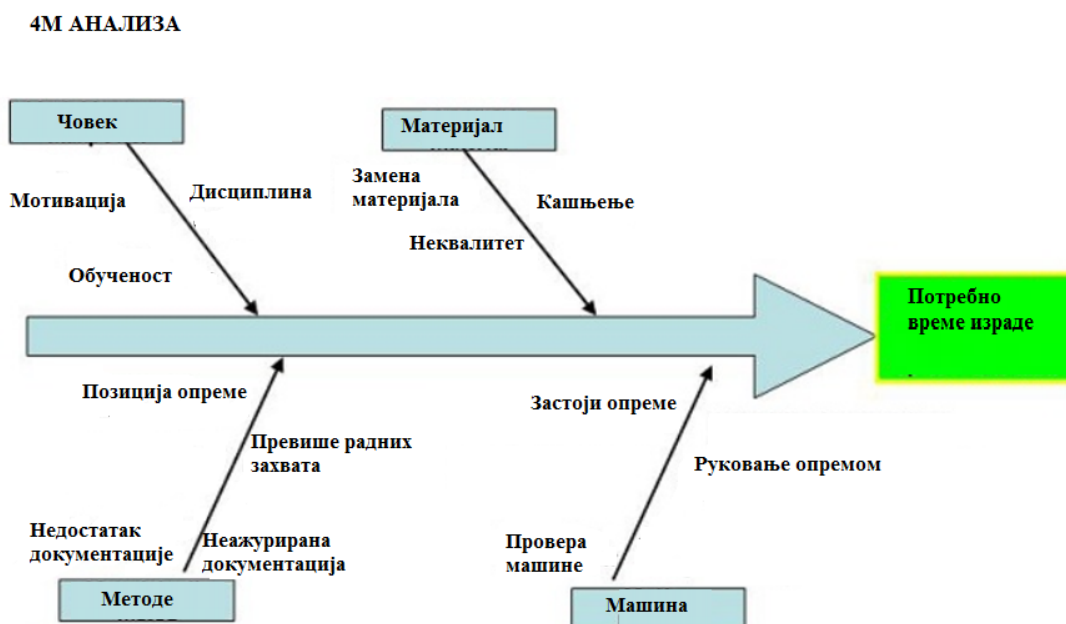
Затим применом методе 5W + 1H можемо дефинисати проблем и добити много боље знање о проблему који треба решити и формирати тим (корак 3, 4).

5W + 1H	
Fabrika / Shop:	Datum / Date:
KAROS ERUA	UTE:
BODYSHOP	Projekat / Project:
Tim / Team:	
Definisarije problema / Problem definition	
Šta / What:	
Koji proizvodni alat/materijal o kojim se radi? Koje vešice?	
Linija zavarene školjke / Body line	
Kada / When:	
Kada je rođen problem? U toku proizvodnje ili kontinualno ili posredno? U čijem posredstvu? Pre ili posle promene tipa? U kom satu, u kom periodu?	
U toku proizvodnje / During production	
Gde / Where:	
Gde je rođen problem (linija, mašina, robot)? Na kom specifičnom delu je rođen problem? Gde je rešiti rođen problem?	
Linija zavarene školjke / Body line	
Ko / Who:	
Da li se problem odnosi na specifične mogućnosti? Da li neka specifična ponašanja mogu potzrokovati problem? Samo o nekim radnicima li ovaj problem? Problem se pojavljuje samo u nekim smenama? Tekst koji je primetio problem, ali se ne određuje ni obično?	
Problem je nezavistan od smene ili obučenosti pojedinca / The problem is independent from shift/skills.	
Koji / Which:	
Koji su karakteristike vezane za problem? Problem se pojavljuje kasnije ili ranije, ili inače povezanost sa veštinom? Problem se pojavljuje u određenom vremenu?	
Kontinualno / In continuous	
Kako / How	
Da li je promena stanja opreme u poređenju sa optimalnim uslovima sada? Koliko se često dešava problem?	
Oprema nije menjana / Nothing change on equipment	

Слика 12: Пример 5W + 1H [11]

Да бисмо анализирали основни узрок проблема можемо користити 4М анализу (Man/Човек – Matchina/Машина – Method/Метод – Material/Материјал), (Корак 5). Коначно у шестом кораку (Корак 6), Фокусирано побољшање израчунава однос користи/трошкова. Кроз

пример можемо видети да систематски приступ може бити веома користан за било који захтев.



Слика 13: 4М анализа [11]

Имплементација WCM-а може повећати способност произвођача да се такмичи са било којом другом производном организацијом, са тежњом да постигне светске стандарде у свим организацијским аспектима. Производња светске класе обухвата праксу управљања укупним квалитетом, континуирано усавршавање, међународно вредновање и флексибилан рад [11].

2.1.4 Аутономно одржавање

Аутономно одржавање је концепт у коме сваки радник учествује у одржавању машине на којој ради. Извршиоци аутономног одржавања су радници производних линија који управљају сваком од уређаја. Оператери су дужни да одржавају нормално радно стање машина и уређаја, као и да задрже почетне услове њиховог функционисања. Аутономно одржавање као активност која се спроводи у оквиру WCM-а заснива се на неколико основних корака. Циљ Аутономног одржавања је да се смањи број кварова уређаја. Оператери уређаја су обавезни да отклоне аномалије повезане са уређајима. Аномалије се схватају као мањи кварови, ненормалан рад уређаја, мање грешке повезане са радом машина и уређаја. Концепт производње светске класе представља синергетски ефекат коришћења четири система побољшања производње – тоталног индустријског инжењерства (TIE), тоталне контроле квалитета (TQC), тоталног продуктивног одржавања (TPM) и система

тачно на време (ЈТ). Главни задатак овакве пословне филозофије је развијање организације која континуирано учи, спроводи побољшања и притом укључује у процесе све запослене, а не само инжењере или менаџмент. WCM методологија каква се данас примењује у FCA групи (Fiat Chrysler Automobiles) настала је као производ сарадње менаџмента те компаније и једног броја европских и јапанских стручњака из области организације производње и управљања. Да би једно предузеће постало произвођач светске класе оно мора да постигне што боље резултате у квалитету, цени, брзини и поузданости испоруке, флексибилности и иновацијама. Ова концепција захтева ригорозну примену знања (стандардизованих процедура) кроз седам корака у десет техничких и десет менаџерских стубова (пилара). Сви предлози побољшања обједињавају се на једном месту, и уколико се одобре као технички примењиви и економски исплативи, усвајају се као стандард у комплетној компанији. Како висина награде за побољшање зависи од конкретне уштеде, јасно је да су и послодавац и запослени трајно мотивисани за изналажење што бољих решења, а то само доприноси развоју организације, повећању профита и побољшању конкурентне позиције саме компаније. Према методологији WCM-а, два од десет техничких стубова односе се на одржавање, које је подељено на аутономно и професионално (АМ и РМ).

Аутономно одржавање (АМ) настало је као превентивна мера пре настанка кvara, јер је закључено да одређен број кварова настаје услед негативних утицаја процеса.

На основу претходних искустава настао је сачињава се календар за Аутономно одржавање, који представља један део радних обавеза оператера који управља производном линијом или било којим радним местом, мада ово се углавном примењује на раду са машинама. Сваки радник је обавезан да прегледа своје радно место на првог радног дана у недељи, а другим данима да врши провере на машинама, роботима, и да свакодневно прегледа своје радно место, укључујући неке неправилности у обавези је да пријави аномалију. Веома је битна хигијена и чистоћа радног места, па је обавезно и чишћење и одражавање чистоће радне околине. Оваквим приступом стварају се оптимални услови за експлоатацију производне опреме, али и отвара могућност да радници професионалног одржавања превентивно предузимају радње у циљу спречавања настанка кvara јер је оператер на својој производној операцији дужан да сваку промену коју уочи приликом прегледа евидентира у коју уноси тачно место потенцијалног кvara и степен хитности за његово отклањање. Све активности које се извршавају према Аутономном одржавању потврђују се потписима извршиоца, али и контролора ових активности, а то је углавном пословођа производне линије. Статистику око истих води одговорно лице за послове Аутономног одржавања, које по својој функцији не мора да буде из састава професионалног одржавања фабрике. Други део активности око превентивног одржавања предузимају радници професионалног одржавања на основу анализе отворених листа приликом инспекцијског надзора оператера и леџер дијаграма, осмишљеног од стране произвођача опреме која се користи у производном процесу. Сврха овог дијаграма је да се до најситнијих детаља прикаже део производне опреме и на основу тога изврши идентификација критичних места на која треба деловати превентивно у циљу спречавања настанка кvara [12].

Аутономно одржавање тежи да успостави што је могуће већу укљученост оператора на машини у одржавање те машине, ради достизања веће ефикасности и свеукупно унапређење машине кроз разне активности оператера. Циљ је, да се кроз обуку и постепеним

активностима (корак по корак), оператер на машини оспособи да сам управља свим рутинским пословима на његовој машини:

- производња,
- одржавање,
- контрола квалитета и др.

Унапређење аутономног одржавања врши се кроз седам корака као и у осталим пиларима WCM-а.



Слика 14: Седам корака за аутономно одржавање [13]

Као резултат имплементације пилара Аутономног одржавања долази до значајног трансфера редовних активности и задатака на одржавању машина и опреме на раднике – оператере који раде на тим техничким системима.

Бенефити имплементације Аутономног одржавања пилара:

- проблеми могу да се идентификују и реше много брже
- смањивање/заустављање убрзане деградације опреме и фабрике и смањења броја пратећих оказа
- стабилизација стања опреме [13].

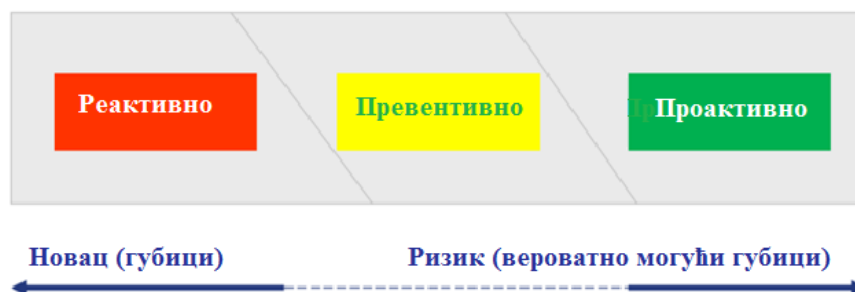
2.1.5 Професионално одржавање

Водећи стуб за професионално одржавање (РМ) је одговоран за вођење примене методологије стуба за производњу светске класе у свим производним објектима. На основу Професионалног одржавања запослени у постројењу поступају на правилан начин као и коришћење алата за уклањање отпада и губитака. Овај стуб има за циљ да подржи аутономни стуб одржавања како би се опрема вратила на основно стање. Она има за циљ нулту разградњу помоћу мапа кварова и одласка на основни узрок проблема. Професионално одржавање такође има за циљ да смањи губитке у процесу као што су стварање отпада и питања квалитета због кварова опреме [14].



Слика 15: Циљеви професионалног одржавања [14]

План одржавања даје јасну представу о приступу и треба да направи динамику активности која мора да одговара појединачним фазама фабрике (реактивној/превентивној/проактивној). У професионалном одржавању веома је битна класификација машина, јер се на основу класификације одређују приоритети. Машине се класификују у циљу најбољег искоришћења ресурса за одржавање (радне снаге и буџета) и у циљу усклађивања са општим циљевима. На слици 16 ће бити приказан начин на који је потребно класификовати машине.



Слика 16: Начин класификовања машина [14]

У реактивној фази губици су већи и ова вредност представља основу за класификацију машина и стога за одређивање приоритета за предузимање мера. Критеријуми за класификацију у овом случају проистичу из разврставања трошкова.



Слика 17: Класификација губитака [13]

У превентивној и проактивној фази губици су мањи код свих процеса/машина, стога је могуће да разврставање трошкова неће моћи да да прецизну основу за одређивање приоритета и стога користи класификацију машина на основу критеријума који су утврђени у T.G.P.C. што значи: време за поправку (T – Time for repair), степен утицаја (G – Degree of influence), вероватноћа отказа (P- Probability of failure) и критичност опреме (C – Criticality of equipment).

Сума (Т+G+P+C)	Класификација		
> 160		AA	
120 - 160		A	
80 - 120		B	
< 80	C		

Слика 18: Класификација губитака [13]

Кључни индикатори перформанси за професионално одржавање су:

- Број отказа
- МТТBF (h) – средње време између отказа
- МТTR (h) – средње време потребно за поправку
- OEE (%) – укупна ефикасност опреме (укупнс ефективност)

Укупна ефективност опреме (OEE) добија се на основу параметара: расположивост (O_r), искоришћења перформанси опреме (I_p) и на основу степена квалитета производа (K_p) [13].

2.1.6 Логистика и однос са купцима

Логистика је једна од најважнијих техничких области организације WCM. Логистика у целој области своје делатности укључује 3 основна поља у којима се налазе губици.

Логистика снабдевања која се бави организовањем протока информација и ИТ система од и до компоненте добављача, трагајући за све профитабилнијим путевима и превозним средствима, али и оптималним управљањем материјалима и складиштима;

Производна логистика, која се бави планирањем и контролисањем производног тока, сарадњом са производним системом како би задовољио потребе екстерних и интерних купаца. Ове акције су извршене на основу проточне производње, која је у стању да произведе мале серије, чиме се шири производни асортиман, скраћивање времена припреме, при висококвалитетним процесима, са доступном производном опремом базираном на активностима аутономног и професионалног одржавања, уз адекватну набавку материјала и са јаким мотивацијом радника и ниским фактором изостајања.

Дистрибутивна логистика, која се бави одлагањем дистрибутивних центара финалног производа, располагања продајом мрежа, методе одабира транспорта, анализа тржишне потражње и припрема краткорочних планова продаје и управљање и контролу залиха. Дистрибутивна логистика је област организовања логистике стуб у WCM-у само када не постоји посебан стуб службе за кориснике (Customer service) или када се комбинује логистика (L&CS).

Логистички стуб је осмишљен тако да испуњава 3 основна задатка:

Синхронизовати производњу и продају. Потпуна синхронизација производње и продаје ослања се на производњу производа које купац чека у одређеном временском периоду. Решавање овог задатка подразумева минимизирање броја компоненти и полупроизвода који заузимају складиште и повећање њихове ротације на линији добављач-купац;

Увести континуитет протока који смањује равнотежу и простор складишта. Увођење континуитета протока омогућава минимизирање прекомерне производње, као и складиштење, и побољшава ефикасност уложеног капитала. Нажалост, увођење континуитета протока у многим случајевима резултира дужим временом производног процеса због потребе за поновним заузимањем читавог низа савремених операција;

Логистика у WCM системима, испуњавајући своје основне задатке, најчешће има за циљ: Повећање задовољства купца, посебно са датумима снабдевања, њихово смањење, ако је могуће и строго поштовање рокова испоруке и квалитета. Повећање продуктивности и ефективности система и радних места смањењем располагања и прекомерно складиштење. Минимизирање трошкова транспорта материјала и коришћења простора, чиме се доприноси смењењу трошкова. Процес имплементације логистичког стуба најчешће се решава до идентификације, а затим до трошка [18].

Савремени логистички и производни системи треба да се боље прилагоде променљивим захтевимаони ће настојати да раде у променљивом окружењу. Њихове структуре морају бити у стању да се динамички мењају, да се производни капацитет прилагоди датим потребама. Овај тип савремене структуре се називаокретан. Агилност значи нужност да се истовремено узму у обзир међусобно искључивање флексибилности и виткости. Максимизирање вредности било које од витке производње. Детерминанте често узрокују минимизирање вредности друге, због чега је и потребно битисвеобухватно анализиран. Нови услови захтевају већу интелектуалну ангажованост, подржану системимаанализа и евалуација, смањење тржишта, повећање захтева купца уз скраћивање времена производње. Ове околности су приморалепромене конфигурације логистичких система. Користећи логистику како би помогли клијентима да побољшају своју конкурентностпозиција, логистика светске класе, помаже компанији да осигура краткорочну конкурентност и дугорочнипросперитет. WCM у потпуности интегрише све логистичке и производне активности, чиме се успоставља један интегрисани систем. Савремена условљавања менаџмента доводе до тога да класичан став о вођењу бизниса буде неадекватан.

Логистика у целој области активности која се односи на WCM укључује 3 основна поља у којима су губици систематски редуковани:

Логистика снабдевања, бави се организовањем протока информација и ИТ система од и до компоненте добављача, трагају за све профитабилнијим путевима и превозним средствима, али и оптималним управљањем материјалима и складиштима;

- производна логистика - која се бави планирањем и контролисањем производног тока, сарадњом сапроизводни систем како би задовољио потребе екстерних и интерних купаца. Ове акције суизвршене на основу проточне производње, која је у стању да произведе мале серије, чиме се ширипроизводни асортиман (мик), скраћивање времена припреме, при висококвалитетним процесима (QC), са доступнимпроизводном опремом базираном на активностима Аутономног одржавања (AM), Професионалног одржавања (PM), уз адекватно снабдевање материјалима и са јаком мотивацијом радника и уз низак фактор изостајања;
- Дистрибутивна логистика, бави се располагањем дистрибутивним центрима финалног производа, располагањем продајом мреже, методе одабира транспорта, анализе тржишне потражње и краткорочне припреме, планом продаје и управљање и контролом залиха. Дистрибутивна логистика је област организовања логистичког пилаара у WCM само када не постоји посебан сектор корисничког сервиса (CS) или када је логистика комбинована са корисничким сервисом (L&CS).

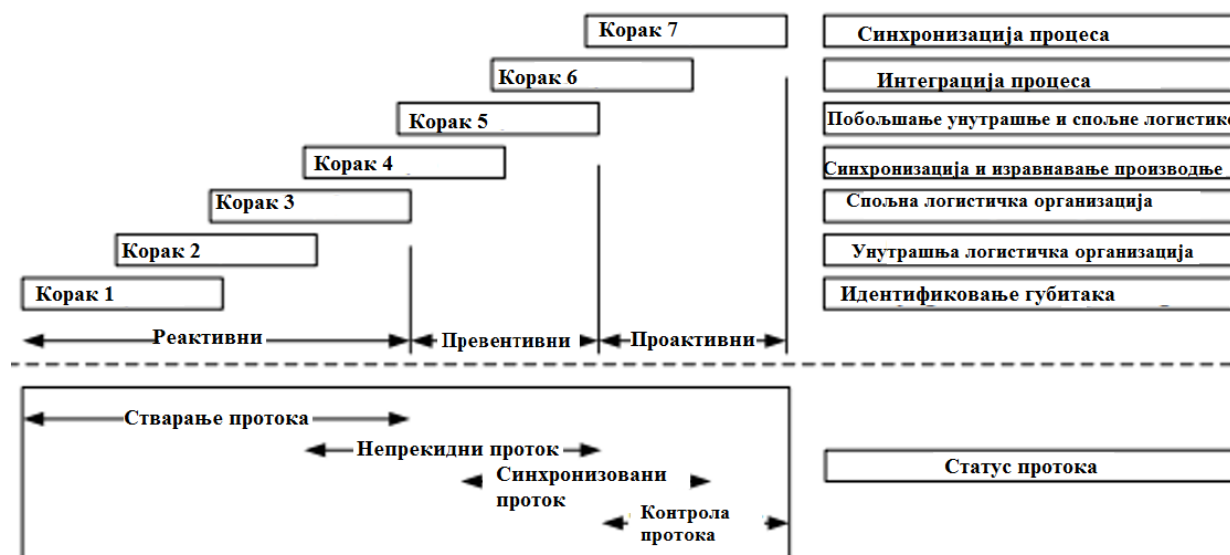
Логистички стуб је осмишљен тако да испуњава 3 основна задатка:

- Синхронизовати производњу и продају. Потпуна синхронизација производње и продаје ослања се на производњу. Синхронизовати производњу и продају захтева смањење броја компоненти и полупроизвода који заузимају простор складишта и повећање њихове ротације на линији добављач-купац;
- Уводи континуитет протока који смањује равнотежу и простор складишта.
- Увођење континуитета протока омогућава минимизирање прекомерне производње, као и складиштење, и побољшава ефикасност уложеног капитала. Нажалост, у многим случајевима увођење континуитета протока због потребе за поновним заузимањем читавог низа савремених операција;

Логистика у WCM системима, испуњавајући своје основне задатке, најчешће има за циљ:

- Повећање задовољства клијената, посебно са датумима снабдевања, њихово смањење, ако је могуће и строго поштовање рокова испоруке и квалитета,
- Продуктивност повећава ефикасност система и радних места смањујући одлагање и складиштење,
- Смањење трошкова транспорта материјала и коришћења простора, чиме се доприноси општем смањењу трошкова [15].

Имплементација логистичког стуба врши се постепеним, сталним увођењем појединих корака. Главних 7 корака је приказано на слици 19.



Слика 19: Седам корака логистичког стуба [15]

Корак 0. Нулти корак се односи на ослобађање почетних активности, неопходних за исправно дефинисање, а затим спровођење ефикасне логистике. Корак "0" има за циљ: анализу трошкова области (са имплементацијом трошкова), анализа проблема квалитета подручја, анализа времена такта подручја (време трајања подпроцеса), економично подручје, класификација (корист / трошак), дефинисање циљева пројекта, дефинисање области модела, именовање радног тима, припремасредстава потребних за планирање и реализовање задатака.

Корак 1. У овом кораку идентификовани су и стратификовани губици у одређеним областима, а преуређење подручја које има за циљ смањење губитака како би у великој мери испунио захтеве купца. То такође захтева дефинисање и увођење класификационих и мерних критеријума у областима складиштења управљања, одлагања, транспорта и припреме.

Корак 2. У овом кораку анализирају се и коригују постојећи принципи унутрашње логистичке организације. Смањити међуфункционалне одбојнике (међу-машине, интер-ћелије, итд.) и активности без додатне вредности. Анализа и одређивање положаја и протока елемената као и оптимално одлагање се врши на основу критеријум ефикасности тока протока.

Корак 3. У овом кораку анализирају се и коригују постојећи принципи екстерне логистичке организације, посебно односе са добављачима и транспортним системом како би се минимизирали губици, побољшала ефикасност ресурса и спровођење контролисаног тока производње између добављача и купца.

Корак 4. У овом кораку се врши синхронизација временских фаза процеса и поставки у оквиру производње у датој области како би се елиминисали међуфункционални одбојници

између појединих делова производног система. То је повезано са нивелацијом производње, што значи да такво планирање обезбеђује уравнотежени константни ток. Хеијунка се односи на три повезана фактора који утичу на континуитет протока: потражња, изглађивање, изједначавање оптерећења и балансирање машине. Основно значење изравнавања значи да би добављачи требали да обезбеде тачно оно што произвођачу потребно уз одговарајући квалитет, тачно колико им је потребно (мале су количине без прављења залиха), и када им је потребно. Нивелисање оптерећења ослања се на алтернативне производњу различитих производа према потреби. Балансирање се постиже наручивањем производње малих хомогених серија производа.

Корак 5. У овом кораку, интерна и екстерна логистичка организација прилагођена је потребама стандардизације, временски распоред купаца у свим фазама процеса (поручивање, производња, дистрибуција) и припрема за организовање сталних токова у стандардизованим производним серијама у свим фазама рада.

Корак 6. У овом кораку одвија се већа интеграција процеса који су укључени у један интегрисани логистички процес (продаја, дистрибуција и куповина) у циљу стварања ефективног и потпуно контролисаног протока.

Корак 7. У овом кораку одвија се потпуна синхронизација свих логистичких и производних процеса.

Филозофија логистичког стуба заснована је на здравом разуму и јефтином ставу који осигурава дуготрајност и напредак. Такав став је веома сигуран јер се увек може вратити на претходно проверена решења без плаћања превише за то. Пре свега, мора се имати на уму да је успешна имплементација заснована идентификацији и исправној класификацији 18 логистичких губитака, чија је елиминација основа да логистички стуб функционише. Логистика је основни технички стуб WCM-а који обухвата интегрисани скуп (IT) и физичких токова материјала, снабдевање одговарајућим компонентама и објектима - произведено или планирано - на право место, у право време, у одговарајућим количинама, одговарајућег квалитета [15].

2.1.7 Рано управљање опремом и производима

Управљање опремом у погону обично има много проблема: потешкоће у производњи, одржавање, стварање неквалитета који узрокују потребу за поправком. Ови проблеми повећавају трошкове: почетне трошкове и оперативне трошкове опреме, трошкове радне снаге, одржавања, недостатак квалитета и трошкови губитака услед кварова.

ЕЕМ методологија има за циљ стварање конкурентних уређаја кроз напредне способности проблема који се могу појавити у овим уређајима. На тај начин је могуће узимати у обзир претходна искуства у везана са рад машина и производњу. Циљ ЕЕМ је: смањење трошкова за поправке и продужење животног циклуса машина и уређаја, поузданост уређаја, лако одржавање итд. Креирање производа, креирање имплементација и управљање животним циклусом производа или услуге. Цео процес је неопходан да би се створио производ што задовољава постављене захтеве. Главне сврхе ЕЕМ-а су: побољшавање квалитета, смањење трошкове, побољшавање обима продаје, профита, животног циклуса продаје, укупан профитни програм производа. У циљу регулисања активности за постизање три основна елемента ЕЕМ (осигурање квалитета, одржавање и смањење трошкова). Рано управљање опремом и производима (ЕЕМ) пројекат се реализује у седам корака:

- планирање,
- почетни пројекат,
- детаљан пројекат,
- изградња,
- инсталација,
- прелиминарна производња,
- имплементација [16].

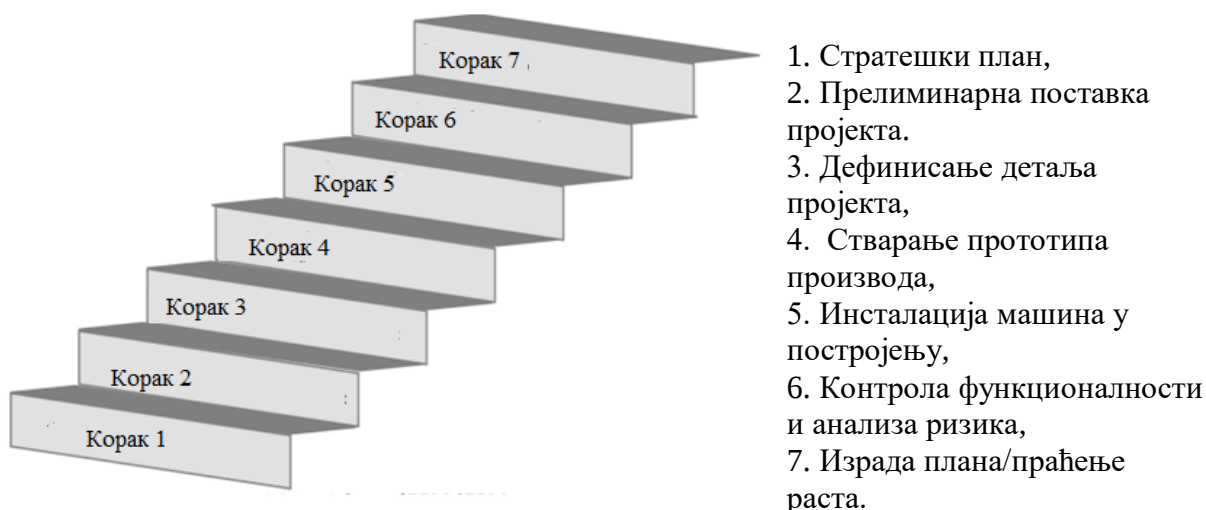
Континуирано побољшање је структурирани начин за мерење, анализу и побољшање пословних процеса за постизање конкурентске предности и повећање пословних резултата. Уклањањем отпада, недостатака и губитака у процесима циљ је да се повећа квалитет и задовољство клијената. Непрекидно побољшање је "кровни" концепт за квалитетне иницијативе у систематском и планирано програму који води ка организацијским променама и расту перформанси. Програм континуираног побољшања може укључити неколико методологија континуираног побољшања како би се постигла његова сврха. Рано управљање је методологија побољшања увођењем нове опреме и производа. Да би успели у условима тешке тржишне конкуренције, апсолутно је неопходно произвести оно што купац жели, и то брзо и јефтино. У данашњем свету, потребе купаца постају све више индивидуалне и различите, док животни циклуси производа постају све краћи. То значи да компанија треба да буде способна да планира и развија своје производе - и да што пре добије нови производ у производњи. Активности које су део овог стуба обично се предузимају ако време покретања нове опреме премашује почетна очекивања. Ефикасно спровођење ове врсте посла, оптимизација и елиминација губитака услед периода неактивности. Поред тога, стуб покрива активности везане за рано управљање опремом током процеса развоја производа кроз специјалне ревизије модела, спецификација техничких услова за подношење тендера и набавке у складу са захтевима корисника.

Све организације повезане са производњом теже истим мерама успеха када говоримо о управљању опремом. Подизање свести о раном управљању опремом (ЕЕМ) и какото укључити у испоруку капиталних пројеката најбоље праксе је непроцењив фактор животног циклуса приликом набавке опреме. То је зато што ЕЕМ директно утиче на будућу способност организације да постигне циљеве животног циклуса имовине. Реч "рано" у раном управљању опремом односи се на принцип дизајнирања одрживости и поузданости што је раније могуће у процесу пројекта како би се осигурало да се циљеви животног циклуса имовине могу постићи у оперативној фази. То чини ЕЕМ релевантним за све пројекте - чак и оне које су напредовале изван фаза пројектовања. То чини ЕЕМ релевантним за све пројекте - чак и оне које су напредовале изван фаза пројектовања. Функцији набавке се често каже да задовољи спецификације на најнижим трошковима испоруке, али то је често лоша одлука јер се не подударају са најнижим трошковима животног циклуса или прихватљивим нивоима поузданости. Функција одржавања обично има знање из прве руке о добављачима који пружају највишу вредност, најбољи квалитет и најбољу услугу за различите врсте опреме и делова - иако су обезбеђени под заједничким сетом спецификација које други добављачи могу да испуне. Ипак, одржавање се често не консултује у процесу набавке опреме [17].

Овај стуб је посвећен увођењу нових машина / производа у производњи систем. Сарађује са добављачима машина и развоја производа до фаза повећања, како би се побољшала поузданост машине и процеса, и како би се избегли трошкови узроковани неефикасном проактивном анализом свих потенцијалних проблема везаних за нову машину / производ. Циљ овог стуба је да се смање трошкови и трајање времена застоја производног процеса. Улога управљања раном опремом и рани менаџмент производа је сличан, али ЕЕМ се односи на увођење нових машина и опрема, док је ЕРМ посвећен новим производима.

Циљеви:

- Висока поузданост машина и квалитета производа
- Пратите распоред и додељени буџет
- Избегавање додатних трошкова након увођења у производни процес
- Гаранција је брз и ефикасан циклус подизања и превентивног одржавања
- Смањити трошкове животног циклуса
- Увести машине са брзим подешавањима и лако доступне за одржавање и инспекције.



Слика 20: Седам корака стуба за рано управљање опремом и производима [17]

Активности:

- Планирање увођења нових машина / производа у складу са планом и планом трошкова
- Дефинисање пројекта
- Пратити конструкцију машине / развој производа
- Пратите инсталацију машине у постројењу
- Проверавање функционалности и дефинисање планове превентивног одржавања
- Процењивање ризика да би се избегли додатни трошкови услед кварова или производног отпада
- Надгледање периода раста [17].

2.1.8 Развој људи (Људски ресурси)

Активности у оквиру овог стуба су да обезбеде, кроз структурирано систем обуке, одговарајуће вештине и квалификације за сваког радно место. Поред тога, особље за одржавање и техничари су спремни да тренирају касније друге запослене. Тамо треба да буде и документација о знању и оперативним вештинама. Стуб за људски развој представља најважнији фактор који утиче на успех компаније. Његова улога се односи на људе и њихов технички развој, пружа обуке за побољшање компетенција радника на аутономним активностима или примену QC процедура, а посебно на WCM методама. Производња светске класе заснована је на укључености људи, овај стуб има задатак да повећа осећај одговорности и проактиван став свих радника, у облику који је компатибилан са WCM-ом како би се помогло континуирано побољшање постројења. [18].



Слика 21: Седам корака суба за људске ресурсе [13]

Активности кроз седам основних корака:

1. Дефинисање основних принципа и приоритета за тренинге и обуке запослених;
2. Увођење система иницијалних тренинга и обука за запослене;
3. Унапређење знања, вештина и компетенција;
4. Увођење додатних тренинга за унапређење знања и вештина;
5. Унапређење система за развој тренинга и обуке;
6. Увођење тренинга за специфичне вештине и компетенције;
7. Континуирана евалуација и процена знања и вештина.

Циљеви:

- Избегавање незгода узрокованих неискуством или непознавањем обављених операција;
- Гарантовање адекватне вештине и компетенције сваком раднику постројења;
- Обученост сваког радника у WCM за брже и континуирано побољшање постројења;
- Смањење људске грешке увођењем Пока Јока (Poke Yoke) система;
- Стицање перформанси из већег задовољства и техничког знања радника;
- Исправно примењивање контроле квалитета на процесима и производима у свим подручјима.

Стуб за развој људи је обавезан да управљаразвојем компетенција народа и ширењем пуни опсег рада у одређеним WCM апликацијама.

- Стопа предлога (сугестија): Могућност предлога је структура која допушта да размисли, размене идеје, предложе да се побољшају операције и користити сопствену иницијативу. Стуб Развој људи (Људски ресурси) осигурава да систем предлога буде јасан и разумљив и стопа предлога се прати као индикатор.

$$\text{Стопа предлога} = \frac{\text{Број предлога}}{\text{Број запослених}}$$

- Стопа одсуства: Изостајање са посла условљено је ставовима према којима радник који је у великој мери неактиван када су узроци као што су болест, породични разлози, проблеми везани за превоз искључени. Стуб за развој људских ресурса ради на управљању овим ставом и спречавањем изостајања.

$$\text{Стопа изостајања} = \frac{\text{Време изостајања}}{\text{Укупно радно време}}$$

- Стопа обрта рада: Радна снага је број запослених на које утиче промет, радно место, оставка, напуштање, отпуштање и запошљавање, а њиме управља стуб људских ресурса. Број запослених који напуштају посао, затраже непланирану оставку и који су уклоњени са посла сразмерно броју запослених код послодавца, стуб за развој људи има за циљ да смањи овај однос WCM апликацијама [17].

$$\text{Стопа обрта рада} = \left(\frac{\text{Вишак радне снаге}}{\text{Укупан број запослених}} \right) \times 100\%$$

2.1.9 Заштита животне средине

Последњи технички стуб храма WCM посвећен је животној средини. Његова главна брига је процена утицаја активности постројења на животну средину, узимајући у обзир непосредну и дугорочну. То је инструмент за праћење перформанси које се односе на потрошњу ресурса. Ефикасно коришћење ресурса (сировине, вода и енергија), неупотреба сировина загађивача (токсичних и опасних сировина) и смањење количине и степена загађења свих отпада током производње процеса чине студије стуба (пилара) за заштиту животне средине. Са стубом за заштиту животне средине је могуће смањити негативне ефекте на животну средину током животног века производа од сировине до његове коначне употребе.

Смањење опасног отпада: Стуб за заштиту животне средине ради на очувању природних ресурса, спречавању расипања ресурса и смањењу количина отпада који треба збринути. Нула отпада управљање је дефинисано као филозофија управљања отпадом у циљу поновног оцењивања насталих отпада и спречавање стварања отпада током формирања отпада. Са овом стратегијом, отпад се спречава пре него што се појаве.

$$\text{Опасан отпад} = \frac{\text{Количина отпада}}{\text{Врста возила}}$$



1. Разумевање Уредбе о животној средини,
2. Спречавање контаминације,
3. Дефиниција привремених стандарда,
4. Уштеда енергије и контрола хемикалија,
5. Дефинисање система за праћење животне средине,
6. План за смањење утицаја на животну средину,
7. Одржавање еколошког постројења.

Слика 22: : Седам корака суба заштите животне средине [17]

1. Разумевање регулативе животне средине
2. Спречавање загађења
3. Дефинисање привремених стандарда
4. Уштеда енергије и контрола хемикалија
5. Дефинисање система мониторинга животне средине
6. План за смањење утицаја на животну средину

7. Одржавање постројења које штити животну средину

Циљеви:

- Избегавање еколошке несреће;
- Поштовање прописа који се односе на животну околину;
- Развијање идеја превенције за очување животне средине;
- Континуирано побољшавање услова рада са еколошке тачке гледишта;
- Побољшање искоришћености машина како би се смањила цурења и потрошња енергије;
- Смањење потрошње енергије и стварање средстава за загађење;
- Смањење буке на радном месту;
- Давање важности одрживости и рециклирању материјала.

Оперативни стубови у моделу WCM су независни један од другог али имају ситуације које међусобно утичу. Оперативни стубови се деле једни с другима и резултати се оцењују на један начин, тако да се ови резултати могу пратити и функционисати тако што се пратепоказатељи учинка. Да би се то ускладило ситуације, оперативни учинак мора бити праћен кључним показатељима перформанси (KPI) [17].

3. КВАЛИТЕТ (Quality control)

Непрекидно повећање конкурентности подстиче сваку компанију да преиспита своје производне процесе како би се што више смањили трошкови и максимизирала корисничка услуга. Кључне речи су "нула отпада" и "нула губитка". Постоји много различитих метода и техника које је потребно усвојити да би се постигли ови циљеви. Стога је потребно истражити најбољи начин за имплементацију принципа оптимизације.

Визија контроле квалитета је “потпуно задовољство клијената кроз извршеност у квалитету”. Овај стуб је задужен за гарантовање квалитета и усаглашености производа, са циљем да се задовоље нулти недостаци, који се могу добити уз помоћ WCM алата и метода. Континуирано побољшање квалитета се заснива на смањењу трошкова везаних за недостатке и неважеће вредности уз додатне активности, као што су контроле. Полазна тачка је коначна контрола квалитета производа, која треба да буде у стању да открије све недостатке који се стварају у производном систему и да избегне улазак неисправних производа на тржиште. Побољшање напредује гледајући уназад у производном процесу, идентификујући основни узрок дефекта и усвајајући противмере како би се избегло његово понављање, а не само проналажење начина да се то заустави. Ово пролази кроз стално праћење и усавршавање процеса како би се остварила њихова способност и поновљивост. Као и сваки други стуб WCM-а, контрола квалитета је први пут уведена у одабраној области постројења (модел зону), како би се пружила брза и ефикасна реакција на проблеме, затим се кроз методу и дисциплину проширује, пружајући решења за узроке,

да би коначно могли спречити проблеми усвајања противмера са проактивним приступом. Ефикасност контроле квалитета се стално прати кроз одговарајуће индикаторе на основу повратних информација корисника или података у оквиру производног система. Ови показатељи, који се заснивају на недостацима и задовољству корисника, дефинишу циљеве контроле квалитета за континуирано смањење трошкова везаних за квалитет [17].

3.1 Индикатори у квалитету

Сваки стуб WCM-а прати специфичне индикаторе, који се одликују заједничком основном структуром и специфичном сврхом. Сви ти показатељи су подељени у две типологије:

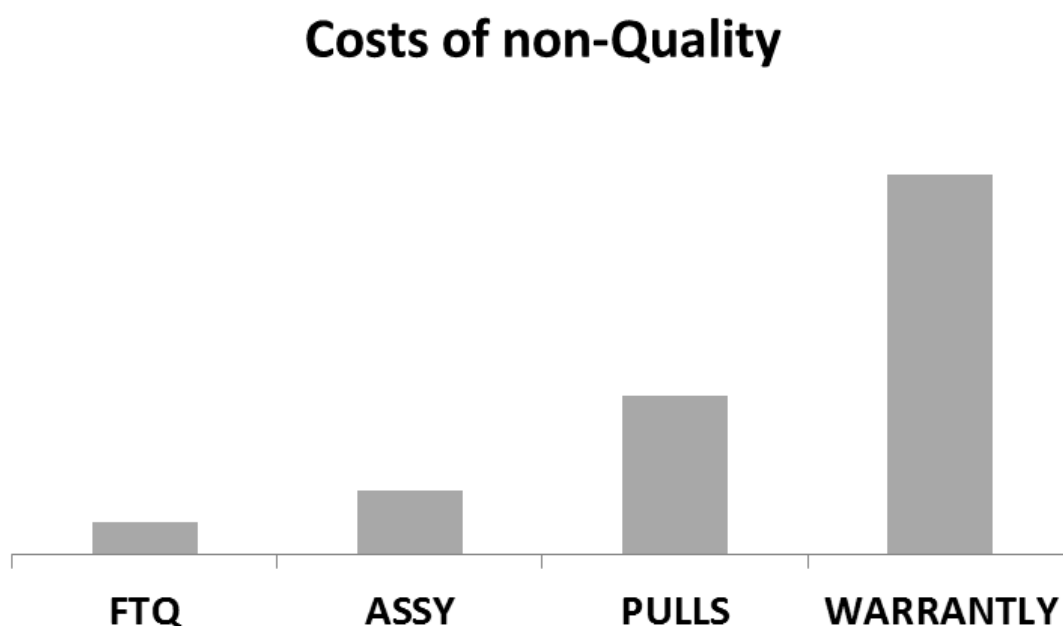
- KPI (Key Performance Indicators) -Кључни показатељи учинка
- KAI (Key Activity Indicators) - Кључни показатељи активности.

Кључни показатељи учинка (Key Performance Indicators) – KPI

Истраживања показују да преко 90% најуспешнијих компанија у свету имају неки облик примене кључних индикатора пословања кроз различите концепте и методологије. KPI су кључни индикатори успешности (или неуспешности) и мерила која подржавају пословну стратегију и успешно пословање предузећа и одражавају меру успешности пословања и одрживост пословне стратегије предузећа. Кључни индикатори учинка су:

- Warranty C/1000(Гаранција C/1000): Дефинише се као број случајева гаранције након 3 - 12 месеци коришћења на сваких 1000 продатих возила. То је најважнији индикатор јер квантифицира случајеве не-квалитета са већим утицајем на трошкове и задовољство клијената.
- QualityTracking (Праћење квалитета): представља проценат незадовољства корисника, засновано на упитницима са фиксним питањима вишеструког избора за процену осећаја потрошача о главним карактеристикама производа.
- New Car Buyers – NCBs (Проценат незадовољства купаца нових аутомобила): Она такође представља проценат незадовољства купаца, купци нових аутомобила се разликују од праћења квалитета јер упитнике управљају екстерне институције које на исти начин оцењују све произвођаче, нудећи добар алат за процену и упоређивање конкурената.
- Pulls (Повући производе): Измерен број дефеката који захтевају замену производа, које су пронашли посредни клијенти. Ови недостаци не допиру до крајњег купца, али и даље представљају незадовољство произвођача. Утицај на трошкове је висок, јер се неисправан производ мора заменити и поправити.

- Assy (Мерење дефеката): Измерен број дефеката који не захтевају замену производа, које су пронашли посредни клијенти. Као и код повлачења производа присутно је незадовољство произвођача, али са нижим трошковима.
- FTQ - First Time Quality: Измерен проценат производа који по први пут поштују стандарде квалитета међу целокупном производњом. First Time Quality је интерни индикатор за постројење, чија је сврха да прати количину неисправних производа пресретнутих завршним тестовима квалитета производње.



Слика 23: Кључни показатељи учинка [17]

Кључни показатељи активности (КАИ) су:

- Number of Poka Yoke and Error Proofing – Представља број уређаја уведених у производни систем за системско избегавање генерисања дефеката (Poka Yoke) и за систематски пресретање и блокирање грешака кроз аутоматске провере (Error Proofing).

- Number of Kaizen: Представља број проблема решених кроз Kaizen PDCA методологију, итд.
- Number of SOP and OPL: представља број стандардних оперативних процедура (SOP) и кратких упутстава за рад (OPL- One Point Lessons) која се уводи у производњу како би се помогло радницима да спрече погрешне радње које могу изазвати дефекте.

3.2 Алати у Квалитету

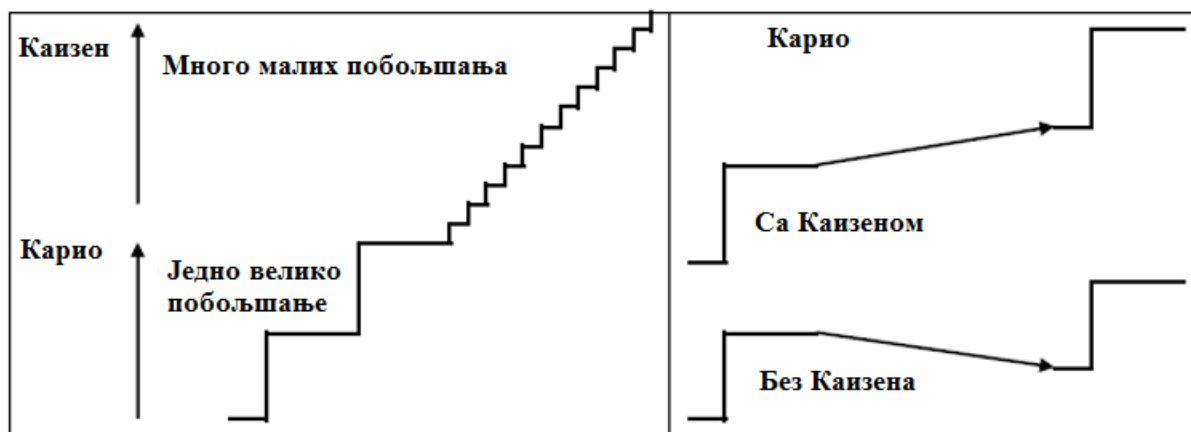
Активност контроле квалитета се састоји у откривању дефеката, изолацији од производње и вођењу анализе како би се пронашло решење за основне узроке. То је процес који се може стандардизовати како би се постигли најбољи резултати уз ниске напоре. У ту сврху, WCM нуди Контроли квалитета сет алата за идентификацију, одређивање приоритета, проналажење узрока и повезано решење за сваки проблем који нарушава квалитет производа и незадовољство купца или корисника.

QA Matrix: Пре него што распоредимо ресурсе на одређене активности, од суштинског је значаја имати широку визију свих проблема јер је најважније одредити приоритет, избегавајући губљење времена и труда на теме које би се могле открити као маргиналне. QA Matrix је алатка која усмерава QC (Quality center) да исправно изабере проблеме са којима се суочава први. То корелира недостатке са производним процесом у којем се производе или идентификују. Затим се за сваки дефект дефинише индекс приоритета, производ различитих фактора тежине који се односе на фреквенцију, трошкове, детекцију и гравитацију. Овај приоритетни број дозвољава класификацију недостатака, од најозбиљнијих, углавном везаних за сигурност или крајње незадовољство корисника, до маргиналних који се односе на продуктивност и смањење броја дефеката унутар постројења. Већи приоритет се даје случајевима гаранције, неисправним производима који су стигли до крајњег купца, што доводи до неисправног функционисања возила које захтева поправку у првој години коришћења. Део откривања, високи приоритет се даје дефектима са високим фактором гравитације добијеним од FMEA.

$$PRIORITY\ INDEX = Frequency \times (Material\ Costs + Labour\ Costs) \times Detection \times Gravity$$

Полазећи од врха листе, пратећи смернице Приоритетног индекса (Priority index), за сваки квар треба применити поступак решавања проблема Каизен-а, да се утврди основни узрок и примене одговарајуће противмере. Овај алат се не примењује само са реактивним приступом на оштећене случајеве, већ се може развити размишљањем и превентивним приступом, почевши од FMEA-е анализе. Поред класификације недостатака, QA матрица такође помаже да се класификују процеси како би се идентификовали они за који су потребни већи напори за побољшање. Коначно, како QA матрица прати статус напредовања Каизенове активности са фазама PDCA циклуса, корисно је чувати историју оштећења како би се потврдило да се не појављују поново након достизања фазе закона, као доказ исправности решења примењено.

KAIZEN (Каизен): Приступ решавању проблема заснован на Деминговом циклусу PDCA и континуирано побољшавање, корак по корак. То је супротан концепт у односу на Kaigu (Каирио), који представља неколико великих побољшања. Каизен је добар приступ, јер је систематски и континуиран, користан за спречавање разградње у времену уведених раствора. Ако је мало великих побољшања уведено након великих кашњења у времену, претходно побољшање постаје мање важно и лакше је изгубити ефикасност, док са приступом Каизен то није могуће уз исправну примену.

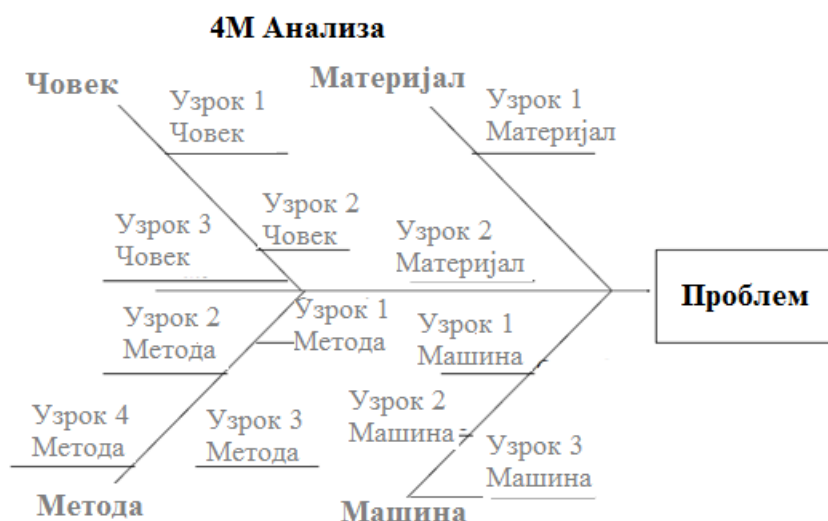


Слика 24: Приказ Каизен и Каирио приступа [17]

4М анализа: Метода интегрисана у Каизен приступу како би се утврдило тачно порекло проблем и његово решење. Уобичајени проблеми са квалитетом могу се обично довести до корена због повезаности са машинама, људима, методама и материјалима. 4М анализа је алатка финализирана да се помогне проналажењу оштећења, почевши од проблема и крене уназад идентификујући све могуће узроке који их деле међу 4М:

- Man (Човек): Узроци повезани са људским грешкама.
- Machine (Машина): Узроци повезани са погрешним функционисањем машина.
- Method (Метода): Узроци повезани са погрешним оперативним поступком.
- Material (Материјал): Узроци повезани са оштећењима или неусаглашењима на купљеном материјалу.

Сви идентификовани потенцијални узроци наведени су у Ishikawa diagram (Ишикава дијаграму), који представља а визуелна помоћ за повезивање узрока са њиховим последицама помоћу шеме рибе кости. Сви узроци се затим анализирају и верификују, уклањајући оне који су за њих небитни за анализиран проблем. Циљ је препознати узрок корена и повезати га с једним од 4М-а за покретање ефикасне процедуре решавања проблема.



Слика 25: 4М анализа [17]

За сваки од 4М анализе, WCM нуди поступак идентификације узрока и исправног проналажења решења. Шема на слици 25 дели 4М анализу и дефинише алате које предлаже WCM да би коначно могли да одговоре на 5 питања за нулте грешке. Ако је резултат позитиван, решење је снажно и проблем је решен, у супротном треба поновити поступак преиспитајући предузете кораке или друге узроке који још нису анализирани. WCM такође предлаже да се Каизен користи за решавање проблема, али у случају да то не доведе до добрих резултата, потребна је дубља студија са анализом тачке процеса, да би се ушло у детаље прихватајући велике напоре и веће трошкове. 4М анализа може се применити са различитим приступима:

- **Reactive (Реактиван):** Проблеми се суочавају након што су се догодили.
- **Preventive (Превентиван):** Очекивани проблеми су идентификовани и примењују се противмере пре него што се могу догодити. Овај приступ се углавном заснива на претходном искуству на сличним случајевима.
- **Proactive (Проактиван):** Завршна фаза решавања проблема у којој се ситуације дубински анализирају, размишљајући о потенцијалним проблемима који би могли настати у циљу проналажења и примене контрамера.

Машина: Једном када се из Ишикавиног дијаграма утврди да је основни узрок одређеног проблема М за машину, потребно је поновити 7 корака одржавања квалитета док се не нађе адекватно и снажно решење:

- **Корак 1:** Анализирање основних услова машине и радне процедуре.
 - Алати: PFMEA, Машинске карактеристике;

- Корак 2: Враћање основних услова машина и побољшање радних стандарда.
 - Алати: 5W1H, Стандард Каизен;
- Корак 3: Анализирање хроничних фактора губитка. Ако Стандард Каизен не доведе до резултата, потребна је дубља анализа.
 - Алати: Анализа процесне тачке (Process Point Analysis);
- Корак 4: Смањење и уклоњање свих узрока потенцијалних хроничних губитака утврђених током РРА.
 - Алати: Анализа процесне тачке (Process Point Analysis);
- Корак 5: Дефинисање услова за нулте дефекте, дефинисање корелације између начина оштећења, измерених параметара, параметара машине и вредности навоја које треба надгледати и чувати у сигурном распону како би се добио квалитет производа кроз квалитет процеса. Овај корак долази после корака 3 ако је Стандард Каизен адекватан, или након корака 4 и 5 ако је потребан РРА (Process Point Analysis).
 - Алати: X Matrix;
- Корак 6: Одржавање услова за нулте грешке увођењем периодичних контрола параметара машине идентификованих са X Matrix-ом. За сваку инспекцију треба извршити 5QFZD (5 Questions for Zero Defects) како би се потврдило добро стање машине и квалитета поступка.
 - Алати: X Matrix, 5QFZD (5 Questions for Zero Defects);
- Корак 7: Побољшање методе за одржавање услова за нулте дефекте. Завршна фаза има за циљ брзу и ефикасну проверу услова машине
 - Алати: 5QFZD (5 Questions for Zero Defects);

PFMEA: Анализа начина и ефеката неуспеха процеса је превентивно средство за дубинску анализу процеса која је дефинисана како би се узели у обзир сваки могући ризик и дефинисале снажне противмере да се избегне њихова ефикасна побуна.

5W1H (5 зашто 1 како): Једноставна алатка која помаже у препознавању проблема у кратком времену. Састоји се од одговора на шест питања: Шта? Када? Где? Ко? Која? Како? Идеја је усредсредити се само на важне информације, избегавајући губљење времена на проналажење речи и представљање проблема.

5 WHYS (5 ЗАШТО): Логички алат који се користи за идентификацију узрока. Састоји се од одговора пет пута на питање „Зашто?“ Након што се утврди узрок проблема. Сврха је да се досегне основни узрок, полазећи од највише површног узрока.

РРА (Process Point Analysis): Анализа процесне тачке може се сматрати обликом напредног Каизен-а који се користи за анализу процеса дубоко у детаљима, улазак у машинску компоненту после компоненте и мерење ефекта сваког параметра како би се пронашли основни узроци проблема који нису ефикасно решени кроз стандардне каизе.

X Matrix (X матрица) : Користан је WCM алат намењен за корелацију модова оштећења и прихватљивих вредности параметара машине који директно утичу на пораст грешке. Квадрат је у средини X матрице, свака страна представља у низу:

- Начини оштећења,
- Физички феномен компоненте,
- Делови машине,
- Параметри машине.

За сваку страну је написан списак, док је на угловима потребно проценити интеракције. Пре свега, начини оштећења са свим физичким појавама, затим физички феномени и делови машине и, на крају, делови машине и параметри машине. Ово даје директну корелацију која омогућава дефинисање толеранција за параметре машине који гарантују избегавање анализираних модова оштећења.

QM Matrix: Риепилогативна табела која садржи за све параметре машине идентификоване као узрок кvara кроз X Matrix, њихову номиналну вредност, управљачки систем, фреквенцију за провере и особу задужену за контроле. Циљ QM матрице је да гарантује ефикасан процес, избегавајући деградацију машине до услова који потенцијално могу створити квар. QM матрица је уведена у периодичне контроле аутономног и професионалног одржавања, а стубови су директно повезани са одржавањем машина.

5QFZD (5 Questions for Zero Defects): 5 питања за нулте дефекте је алат који нуди WCM да схвати да ли је пронађено решење довољно снажно да сматра да је проблем решен. Састоји се од 5 питања, специфичних за свако М, на која ће се одговорити оценом. Ако је резултат пет питања довољно висок, решење је тачно и поуздано, у супротном треба решити процес решавања проблема како би се пронашло ново решење.

#	Машина	Питање		
		1	2	3
1	Да ли су подешавања подешена?	Подешавања су дефинисана и подељена.	Дефинисан је начин провере подешавања.	Подешавања се лако виде без посебног приступа или алата.
2	Да ли је машина лако прилагодити повратак на задата подешавања?	Тешко за подешавање.	Лако за подешавање.	Подешавање је аутоматско.
3	Да ли се излази опреме разликују изван распона спецификације?	Током рада.	Само при постављању.	Разликује се само изузеци.
4	Да ли се може открити варирање опреме у излазу?	Мала вероватноћа да се то примети.	Систем периодичних прегледа може да открије варијације.	Непрекидно надгледање које осигурава тренутно упозорење.
5	Да ли је лако вратити опрему у дефинисане спецификације?	Тешко, захтева специјализоване техничке вештине и велике застоје?	Лако, кад се особа квалификује.	Аутоматско подешавање (затворена петља).

Слика 26: 5QWZ – Машина [17]

Man (Човек): Једном када се из Ишикавиног дијаграма утврди да је основни узрок одређеног проблема М за човека, WCM предлаже да се наставе разговори са оператерима који су радили у тренутку у којем се проблем догодио. Интервју назван TWTTP (The Way to Teach People) састављен је од стандардних питања која омогућавају да се утврди да ли је узрок грешке недостатак компетенције. Након разговора са оператерима, тим испуњава образац, назван HERCA (Human Error Root Cause Analysis), како би утврдио да ли главни узрок људске грешке није недостатак знања и коначно наставља са другим интервјуом истог облика претходног, као провера разматрања су се појавила током анализе. На крају, када се утврди основни узрок, примењене противмере до 5QFZD. Ако је решење робусно, 5QFZD би требало да даје високу оцену и проблем се сматра решеним, у супротном би анализа требало да крене поново како би се пронашла нова контрамера.

TWTTP (The Way to Teach People): Начин за подучавање људи, алат у облику једноставног и стандардног упитника који је конципитан тако да би се утврдило да ли је људска грешка проузрокована недостатком компетенције. Заједно са HERCA омогућава да се утврди основни узрок сваке људске грешке.

HERCA (Human Error Root Cause Analysis): Анализа узрока људске грешке, стандардни образац који треба попунити радном снагом како би се утврдило да је основни узрок није недостатак компетенције оператера.

5QFZD: Прати исту шему Машине 5QFZD, али са специфичним питањима за људске грешке.

#	Човек	Питање		
		1	2	3
1	Да ли је дефинисана потребна обука / компетенција за правилно извођење операције?	Обука / компетенција није дефинисана.	Обука / компетенција је дефинисана, али би могла бити прецизнија.	Обука/компетенција је јасно дефинисана, и недостаци приликом обуке су лако препознати.
2	Како се покрива недостатак обуке / компетенције?	Само обука у учионици.	Више обуке у учионици него обуке на послу.	Више обуке на послу него обука у учионици.
3	Може ли оператор следити стандард (СОП, ОПЛ)?	Стандарди се не поштују.	Стандарди се често поштују.	Стандарди се често прате.
4	Да ли се може открити људска грешка?	Већина људских грешака неће се открити.	Метода откривања постоји, али није робусна.	Откривају се и анализирају све људске грешке.
5	Постоји ли стални систем обуке?	Рефрешована (ажурирана) обука се не врши.	Тренинг се повремено освежава да би се избегла заборавност.	Постоји повратна информација у реалном времену за одржавање нивоа вештина.

Слика 27: 5QWZ – Човек [17]

Method (Метода): Једном када се из Ишикавиног дијаграма утврди да је основни узрок одређеног проблема М за методу, решење се идентификује на основу једноставне шеме која помаже у идентификовању „начина неуспеха“ методе. Узрочни узроци могу се повезати са

методама ако недостаје радни стандард или ако га се не поштује строго јер је погрешно или тешко применити или разумети.

Једном када је дефинисана корекција неисправне методе, ефективни раствор се верификује кроз методу 5QFZD. Ако нови Стандард постигне добру оцену, он се примењује, у супротном анализа треба поново да започне шему као на слици 28 да би пронашла нови узрок.

#	Човек	Питање		
		1	2	3
1	Да ли је стандард (радно упутство) јасно дефинисан?	Не постоји стандард.	Стандард постоји, али недостају му детаљи и још увек нису визуелни.	Постоји детаљан визуелни стандард који би сви оператери требали лако разумети.
2	Да ли је могуће следити стандард као што је описано?	Није могуће.	Могуће је, али тешко.	Лако је пратити.
3	Да ли је стандард ефективан?	Недовољно, висок ризик од грешке.	Ефективан је, али грешка још увек постоји.	Квалитет је загарантован у 100% случајева.
4	Где се стандард налази (где је постављен, позициониран)?	Стандард је доступан, али није видљив са радне станице.	Стандард је у радној станици и видљив, али не у правцу вида оператера.	Стандард је у радној станици, јасно је видљив и то је видљиво од оператера приликом обављања његовог посла.
5	Да ли је оператор укључен у дефинисање стандарда?	Оператор на радној станици није укључен у дефинисање стандарда.	Оператор на радној станици прегледао је и одобрио радно упутство.	Оператор је био директно укључен у садржај стандарда и одобрио је документ.

Слика 28: 5QWZ – Метод [17]

Material (Материјал): Након што се из Ишикава дијаграма утврди да је основни узрок одређеног проблема М за материјал, радни тим треба да настави са 8 корака incoming material (долазног материјала). Да би се потврдила ефикасност акција, закључена је 4М анализа са 5QFZD.

8 steps for incoming material (8 корака за долазни материјал): Када одређени уложени материјал има проблема са квалитетом, добављач се класификује као нулта фаза. Да би избегла неисправне материјале, компанија треба да прегледа производе како би проверила да ли су стандарди задовољени. Затим се контроле крећу ка извору, прво инспекцијском одељењу компаније, а затим добављачу. Коначни корак је постигнут када добављачи добију контролисан процес који омогућава избегавање инспекције производње, уз смањење трошкова и за добављача и за компанију.

5QFZD: Прати исту шему Машине 5QFZD, али са специфичним питањима за материјалне проблеме.

#	Човек	Питање		
		1	2	3
1	Да ли је дефиниција стандарда добра наспрам лошег дела и да ли је јасна у процесу добављача?	Стандарди квалитета су дефинисани, али нису на радним станицама.	Стандарди квалитета су дефинисани и на радним станицама, али нису јасни и видљиви.	Стандарди су јасни и видљиви на радним станицама.
2	Да ли су оштећења утврђена близу тачке настанка?	Дефекти су пронађени у постројењу које користи.	Сав карактеристичан отпад налази се унутар објекта добављача, али се налази до њихове крајње линије.	Добављачи се ослањају на контролу процеса и не користе визуелни преглед да би гарантовали квалитет.
3	Да ли је способност добављача довољна?	Срк је пренизак, и постоје многи проблеми са добављачем.	Спорадични проблеми.	Нема проблема. Способност добављача довољна.
4	Да ли је видљиво варирање у процесу добављача?	Мала вероватноћа да се примети варирање.	Систем периодичних прегледа може да открије.	Непрекидно надгледање осигурава тренутно упозорење.
5	Да ли је тешко вратити процес у контролу?	Захтева стручњака.	Оператор може извршити подешавање.	Лако, процес је аутоматизован да се надокнади.

Слика 29: 5QWZ – Материјал [17]

Kaizen structures (Каизен структуре): WCM дели Каизен метод на различите нивое што одговара сложености проблема:

- Quick Kaizen (Брзи Каизен): У једноставним случајевима, поступак који се користи је поједностављен, довољно је исправно дефинисати проблем да се брзо размисли о одговарајућој противмери, тако да није потребна потпуна примена Каизен методе. У овом случају, стандард који се треба придржавати назива се Брзи Каизен.
- Standard Kaizen (Стандардни Каизен): У осталим случајевима, када дефинисани проблем није лако решити, потребни су сви кораци каизен-а, почевши од фазе плана са 5W1H, прелазећи преко 4M анализе и 5W -а за идентификацију узрока и сродне противмере, до верификације са 5QFZD.
- PPA (Process Point Analysis): Када је проблем посебно сложен и када су идентификоване противмере кроз стандардни Каизен, нису ефикасне, неопходна је дубља анализа. Метода је анализа тачке процеса, која се такође назива и Major Kaizen. Састоји се од детаљне анализе кроз сав производни процес да би се верификовали сви аспекти укључених метода, људи, материјала и машина, испитивање параметара машине и компоненти како би се разумео њихов утицај на квалитет производа. Сврха анализе је да се открије прави узрок и уведе снажна противмера.
- DOE (Design of Experiments) – Дизајн експеримента: Када процес није контролисан и поштује се стандард, али проблем и даље остаје, потребна је експериментална

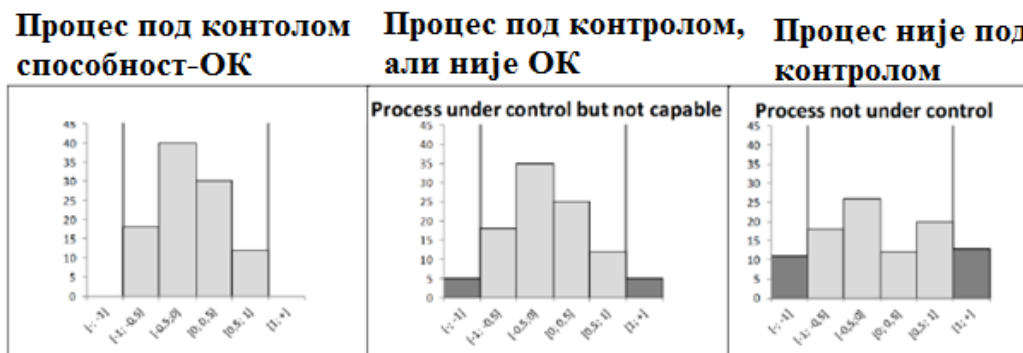
анализа. Дизајн експеримената је метода редизајна производног процеса након анализе резултата наменских експеримената. Потребно је када остали Каизен-ови поступци резултирају неефикасним.

3.3 Статистичка Контрола процеса (Statistical Process Control)

Да би се гарантовао квалитет производа могуће је прегледати 100% производње, али то би представљало непотребне трошкове и велики број операција без додате вредности. Најбољи избор је гарантовати ефикасност процеса, ако процес може да створи добар производ, инспекција самог производа постаје неопходна. У стварној речи није могуће успешно изводити рипетитивне операције без варијација бесконачно пута. Свака провера може се разликовати од претходне, у зависности од рада оператера ако се ради о ручном управљању, или о стању алата ако је аутоматска. Циљ је добити процес високог квалитета, са довољно високом прецизношћу да се вероватноћа грешака смањи на ниво прихватљив за количину производње. Статистика постаје основна помоћ за верификацију процесних способности, како би се схватило да ли су статистички способне да гарантују број понављања довољно високих да обухвате производњу са већим бројем оштећених операција нижим од циља компаније, што је нула за компаније које циљају на оперативну извршност.

3.3.1 Анализа способности (Capability Analysis)

1. Да би се пратила поузданост процеса, прво је неопходно дефинисати параметар који се нумерички мери и његов опсег толеранције. Ако мере остану у границама толеранције, квалитет производа поштује стандарде, иначе се сматра неисправним.
2. Други корак се састоји од прикупљања значајног броја мерења процеса.
3. У поузданом процесу вредности би се требале понављати током времена, док ако процес није способан, постојаће широк распон вредности које се понављају неколико пута. Да би се анализирао поступак, тада је корисно груписати мерења у унапред дефинисан број распона вредности, обично 6 до 10, у зависности од броја доступних података, а затим избројити број понављања мерења која се појављују унутар сваког распона. Ово ће довести до хистограма одређеног облика.
4. Облик хистограма је кључни фактор за утврђивање да ли је процес стабилан и под контролом или је неконтролисан. У првом случају, када је облик сличан Гаусовој методи, могуће је наставити са статистичком анализом, док је облик насумичан или уопште неодређен, процес није стабилан и не може се сматрати статистички утврђеним и као прво захтева хитну акцију за побољшање операција.



Слика 30: Облик хистограма у зависности од анализе способности [17]

4. Измереним мерењима могуће је одредити еквивалентну Гаусову кривуљу полазећи од две мере које представљају целокупну популацију:

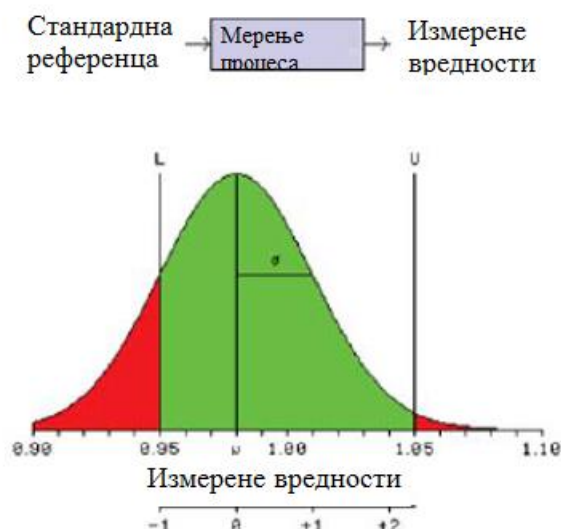
- Просечна вредност μ : Представља просечну вредност популације N мерења X_i

$$M = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (1)$$

- Стандардно одступање σ : Мера за квантификацију мерења која је дефинисана као:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N - 1}} \quad (2)$$

За сваку популацију може се утврдити просечна вредност и стандардна девијација, да ли мерења потичу из стабилног процеса или не, тако да је увек могуће добити Гауса. Међутим, ако је процес нестабилан, Гаусов дијаграм ће довести до грешака, јер ће бити раван и широк као процеси који су стабилни, али нису способни. Једном када су доња граница L и горња граница U дефинисане, површина испод Гаусове границе изван границе која је дефинисана границама толеранције, обојена црвеном бојом на слици X, идентификује процену процента оштећења у целој производњи.



Слика 31: Процес статистичке Гауссове методе [17]

6. За процену стабилности процеса корисно је понављати прикупљање података током времена, да би се добило неколико популација мерења и њихових тачака. Ако се гаусовци понављају током времена, процес је стабилан. Ако је другачије, у процесу су присутни неки узроци који узрокују нестабилност и малу поновљивост. Када је стабилан, процес је дефинисан Способан ако су Гаусовци садржани унутар 2 границе распона толеранције, или није способан ако кривуља Гауссова напушта изван распона толеранције подручје које представља грешни проценат већи од прихватљиве границе.

7. Једном када је процес стабилан, корисно је користити статистику за утврђивање његове способности. Два параметра се користе да би се утврдило да ли је процес довољно способан:

- Ср: Процењивање поновљивости процеса независно од положаја гаусана у односу на распон толеранције. Ср корелира стандардну девијацију процеса и распон толеранције, с обзиром на USL (Upper Specification Limit- горња граница спецификације), LSL (Lower Specification Limit - доња граница спецификације), μ , σ :

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (3)$$

Висока вредност Ср гарантује поновљивост процеса, али не и његову прецизност, јер средња вредност не утиче на Ср. Обично је минимална прихватљива вредност Ср = 1, док је пожељна Ср = 1.33.

Срк: Процењивање прецизности поступка, јер средња вредност популације улази у корелацију између дисперзије и распона толеранције, тако да Ср утиче на вредност Срк, али Срк не утиче на Ср. За разлику од Ср, може бити негативан када је просечна вредност μ изван распона спецификације.

$$Cpk = \min\left(\frac{USL - \mu}{3\sigma} ; \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right) \quad (4)$$

Висока вредност Срк гарантује поновљивост и прецизност поступка. Обично је минимална прихватљива вредност Срк = 1, док је пожељна Срк = 1.33.

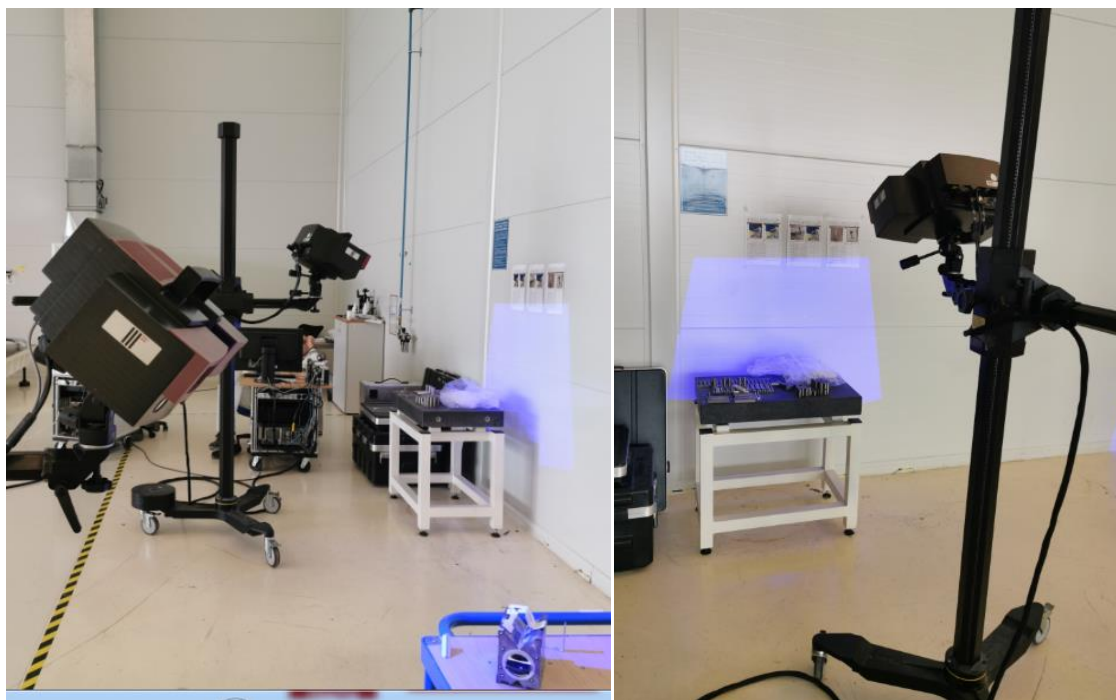
Да би се гарантовао способан процес производње, Ср и Срк се морају повремено надгледати. Учесталости инспекције могу се смањити с порастом Срк -а, док вредности прениске захтевају анализу да би се проценило да ли је скупље прихватити ризик производње производа који не поштују стандарде квалитета или побољшати процес ради побољшања његових способности.

4. ЦЕНТАР ЗА МЕТРОЛОГИЈУ ФИАТ СРБИЈА

Мерење је метода доделе квантитативних мерних јединица одређеној величини. Резултат мерења је квантитативна процена мерене величине која укључује представљање методе мерења и информацију о валидности резултата мерења (мерној несигурности). Резултат мерења, практично, представља најбољу естимацију (тј. процену) мерене вредности, а може бити и њена апроксимација. Да би се представио резултат мерења, поред квантитативне процене неке величине која се изражава или међународним системом јединица или изведеним јединицама, потребно је да постоји податак о поузданости коришћене мерне методе, као и опис примењене мерне методе. Практично, у зависности од значаја који одређено мерење има, односно да ли се за мерење захтева релативно велика тачност и прецизност или не, за представљање резултата мерења потребно је применити комплекснију или једноставнију процедуру, респективно

У процесу обраде значајно се мењају облик и својства материјала - карактеристичне су термичке деформације код заваривања или стањивање и кидање лимова код савијања. Нумеричке методе користе се за симулације различитих процеса, при чему је њихова експериментална верификација врло важна. 3D скенери пружају могућност утврђивања целокупне конфигурације заварене две конструкције, посматрањем великог броја тачака, процесом који се назива 3D скенирање или дигитализација. 3D дигитализацијом се реални 3D објекти представљају у облику верних 3D рачунарских модела. Принцип рада 3D дигитализатора је различит са обзиром да уређаји који бележе геометрију објеката раде на различитим принципима. Најчешће се за снимање геометрије користе уређаји попут дигиталних фото-апарата, камера, координатних мерних машина (СММ), ласерских и 3D оптичких сензора. У складу са тим разликујемо 3D дигитализацију изведену оптичким или механичким методама. Према начину осветљења посматраног објекта технике за естимацију 3D облика на основу 2D фотографија, разврставају се на активне и пасивне

методе. Код пасивних метода камера се неограничено креће око модела и прави секвенцу фотографија. Процес реконструкције састоји се у реконструисању трајекторије камере, као и 3D структуре сцене коришћењем информација садржаних на фотографијама. Други метод базира се на технологијама активне светлости. У техникама стандардних метода 3D скенирања, пројектор се користи да пројектује светлосни шаблон на сцену. Облик површине се одређује анализом начина на који се узорак деформише на објекту. Већина таквих система је комбинација пасивних уређаја (једне или више камера) и активних уређаја (ласерски или LCD пројектори), калибрисаних да раде у међусобној интеракцији. Принцип таквих система је, у основи, једноставан. Пројектор емитује светлосне узорке који се рефлектују од објекта мерења и детектују на чипу једне или више камера. 3D структура сцене се тада израчунава геометријско-оптичком триангулацијом. Пошто је веома осетљива на варијације текстура унутар сцене, ова технологија има веома добру прецизност, па грешке реконструкције могу бити реда и до 1 - 2 хиљадита дела милиметра. 3D дигитализатори имају јако широку употребу са обзиром на величину објекта. Зависно од произвођача и намене, граничне величине објеката који се могу дигитално обрадити су реда од неколико милиметара до неколико десетина метара. Оптичким мерним поступцима могу се прецизно, брзо и релативно једноставно извршавати различити мерни задаци: дигитализација тродимензионалног облика, мерење димензија, удаљености, углови, просторни положај, тродимензионална померања, одступања облика и положаја (кривина, паралелност, ...) [19].



Слика 32: 3D скенер - Атос

Резултат дигитализације су облаци тачака, полигонизоване мреже, пресеци и карактеристичне линије, описане великим бројем мерних тачака. Мерни резултати омогућавају врло прецизну и брзу рачунарску реконструкцију облика. У комбинацији са

системом ТРИТОП, оптички мерни систем АТОС је посебно погодан за прецизно мерење деформација великих конструкција.

CMM (Coordinate-measuring machine) – Координатна мерна машина

Координатна мерна машина (СММ) јесте уређај за мерење физикалних геометријских карактеристика објеката. Ова машина може бити ручно контролисана од стране оператера или рачунарски. Мерења су дефинисана сондом прихваћеном са три помичне осе ове машине. Сонде могу бити механичке, оптичке, ласерске, са белим светлом итд. Машина која врши читавања у шест степени слободе кретања, те приказује ова читавања у математичком облику, такођер се назива координатна мерна машина (СММ).

Координатна мерна машина се састоји из три осе: X, Y и Z. Ове осе су међусобно усправне, у смислу Декартовог тродимензионалног координатног система. Свака оса има систем скале који указује на локацију оса. Машина читава улазне податке приликом додиривања сонде и објекта, по надзору оператера или програмера. Машина затим користи X, Y, Z координате сваке од ових тачака да опише величину и позицију са микрометарском прецизношћу, по подразумеваној вредности.



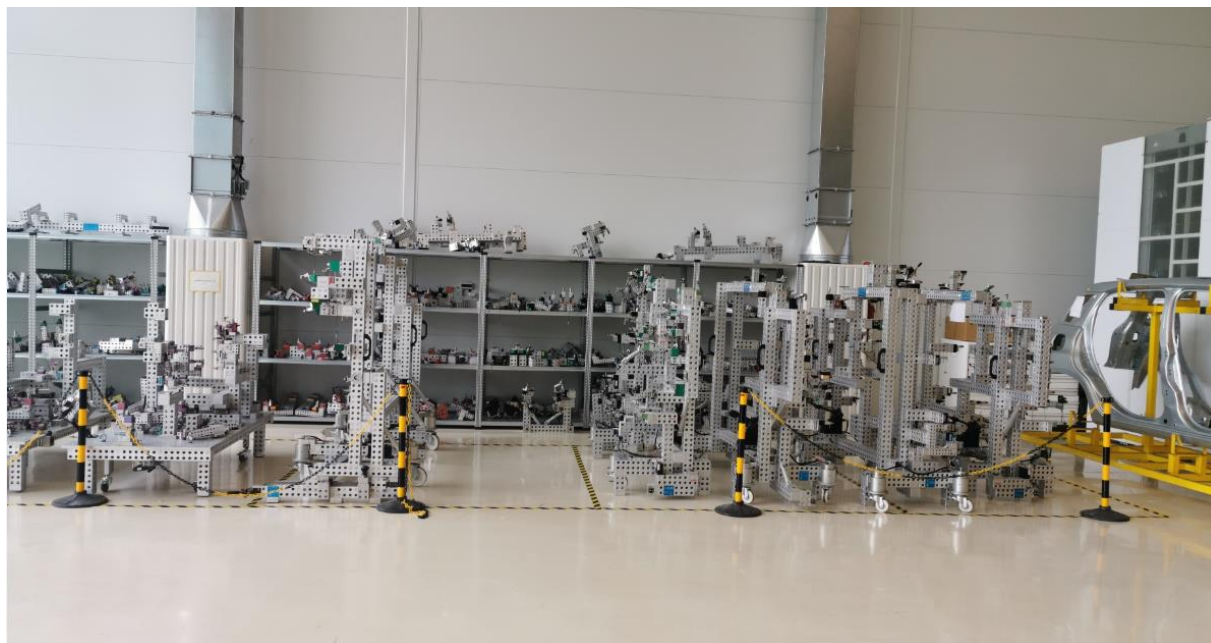
Слика 33: СММ машине

Координатна мерна машина је такође уређај коришћен у производњи и процесима спајања приликом тестирања делова или склопова у циљу добијања захтеваних производа. Прецизним снимањем X, Y и Z координата циљаног објекта генеришу се тачке, а касније се то може анализирати преко регресионог алгоритма са могућношћу конструкције. Ове тачке су узете коришћењем сонде која је ручно подешена од стране оператера или аутоматски преко директне рачунарске контроле (енглески: DCC). DCC СММ-ови могу бити

програмирани да узастопно мере једнаке делове, с тим да је СММ посебни облик индустријског робота [19].

Аусен Маистербук

Маистербук (Aussen Meisterbock) је алат за тестирање који се користи за осигурање квалитета аутомобила. Ово је алуминијски оквир на који су састављени делови или чак цело возило током фазе пред-производње како би се могла проценити интеракција делова различитих добављача у погледу монтаже. Ауссен Маистербук (који се такође назива АМБ) је алат за тестирање који се користи за осигурање квалитета у аутомобилској индустрији. Његов задатак је оптимизација и фино подешавање димензионалних одговара пројекту возила пре покретања производње. То укључује координацију уклапања свих делова који су споља видљиви. То је врста потпоре која се производи према РПС принципу позиционирања аутомобилских делова од лима, користи се за уградњу бочног зида, врата, крова, блатобрана, делова предњег и задњег зида и осталих делова за монтажу, израду систематских процена подударња изгледа делова, врши 3D координацију тестирања да би се добили извештаји о свим деловима монтаже. Извештаји се могу користити за тачну анализу недостатака подударности, за вођење подударња делова и оптимизацију. Има својства и на која се може користити поравнање РПС-а и идентификовати и упоредити одступање одговарајућих тачака РПС-а.



Слика 34: Маистербук

Да би се разумео однос квалитета и монтаже, Крајслер група користи Маистербук и чврсте елементе за осигурање квалитета као савршене моделе за делове од лима и унутрашњости / спољашње летвице. Маистербук су прецизна хибридна учвршћења која приказују шему лоцирања дела каросерије (која се такође назива и алат за монтажу алата за принцип

лоцирања) за одређено возило. Оно што представља је целокупни поступак монтаже каросерије, овде у метролошком центру. Маистербук даје могућност да у потпуности симулира склапање онога што се ради у монтажи, али у савршеној (идеалној) ситуацији када је све у нули, односно у димезије су идеалне.



Слика 35: Маистербук

FCA група је демонстрирала Маистербук који приказује алат и поступак стављања жигосаног лима у завршени склоп врата. Маистербук комбинује прецизност мерења и флексибилност PLP (Principle Locating Point) – лоцирања тачака и подешавања, по жељи. То омогућава прецизно кретање Маистербук PLP-ова и тачака поравнања који могу бити корисни у анализи узрока и претходној валидацији потенцијалних студија прилагођавања алата.

QAF (Quality Assurance Fixtures) је савршено тело за унутрашње/спољашње делове. Ови делови укључују лајсне за врата, стакло, инструмент табле итд. FCA група поседује савршено тело возила са покретним деловима. Ово представља геометријски „савршену“ шкољку возила која се интерно назива „мастер“. На мастер се постављају потпуно обележени и измерени унутрашњи или спољашњи делови које су добављачи послали на да би се видело како се уклапају [19].

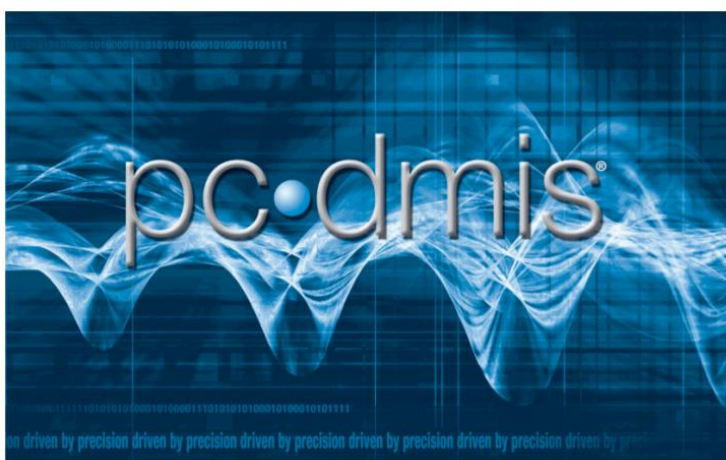
На мастеру се види како одређени делови уклапају склапањем и одступањима која се могу појавити или не морају догодити током процеса монтаже. Добија се брз и једноставан начин да се идентификују проблеми пре него што се појави одступање.



Слика 36: „Савршени мастер“ модел

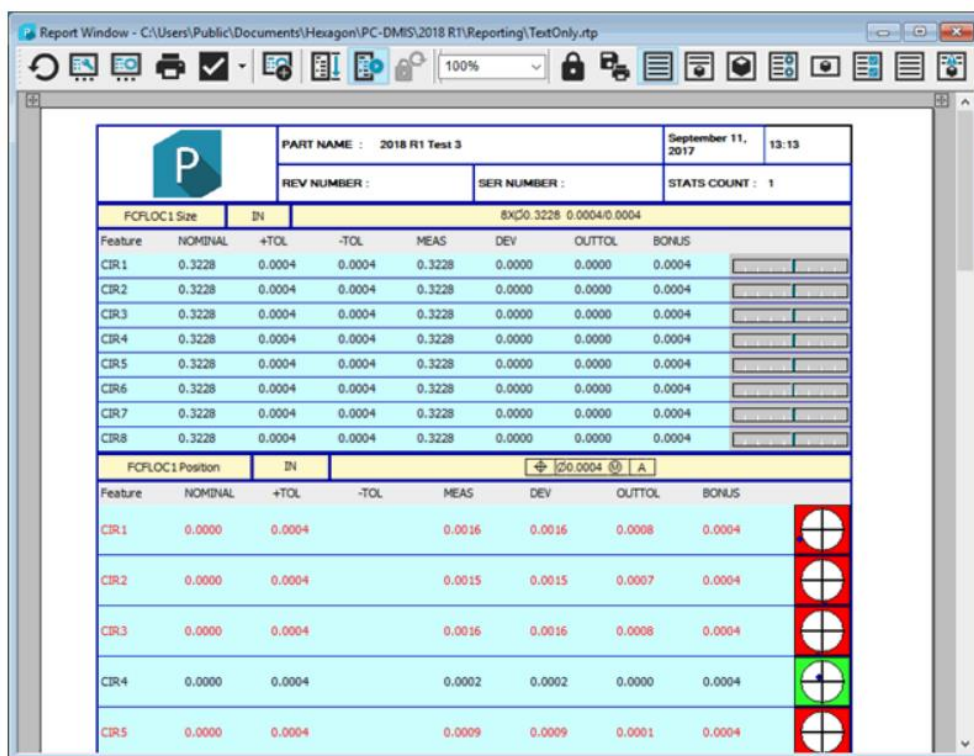
Помоћу овог „савршеног“ модела може да се идентификује да ли је проблем квалитета последица дела, монтаже или процеса производње или проблем који може захтевати промену дизајна цртежа односно CAD-а.

PC-DMIS је софтвер са мноштвом опција и корисних функција. То је Hexagon-ов софтвер који се користи у метрологији у FCA Србија. Користи се за креирање и извршавање операција за мерење задатих од стране оператора.



Слика 37: Софтвер PC-DMIS [20]

Креирање извештаја у PC-DMIS – у врши се на основу измерених података, тако што се упоређују са спецификацијама дела односно CAD модела. На извештају се могу приказати потребни подаци у зависности од мерења и од потребних података за одређену анализу. Подаци који се увек приказују без обзира на анализу су измерене вредности, вредности које су одређене од стране добављача односно димензије и геометрија CAD-а, дозвољене толеранције и одступања. На слици 37 је приказан један извештај.



PC-DMIS		PART NAME : 2018 R1 Test 3		September 11, 2017		13:13	
REV NUMBER :		SER NUMBER :		STATS COUNT : 1			
FCFLOC1 Size	IN	8xØ0.3228 0.0004/0.0004					
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
CIR1	0.3228	0.0004	0.0004	0.3228	0.0000	0.0000	0.0004
CIR2	0.3228	0.0004	0.0004	0.3228	0.0000	0.0000	0.0004
CIR3	0.3228	0.0004	0.0004	0.3228	0.0000	0.0000	0.0004
CIR4	0.3228	0.0004	0.0004	0.3228	0.0000	0.0000	0.0004
CIR5	0.3228	0.0004	0.0004	0.3228	0.0000	0.0000	0.0004
CIR6	0.3228	0.0004	0.0004	0.3228	0.0000	0.0000	0.0004
CIR7	0.3228	0.0004	0.0004	0.3228	0.0000	0.0000	0.0004
CIR8	0.3228	0.0004	0.0004	0.3228	0.0000	0.0000	0.0004
FCFLOC1 Position	IN	±0.0004 0.0004					
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
CIR1	0.0000	0.0004		0.0016	0.0016	0.0008	0.0004
CIR2	0.0000	0.0004		0.0015	0.0015	0.0007	0.0004
CIR3	0.0000	0.0004		0.0016	0.0016	0.0008	0.0004
CIR4	0.0000	0.0004		0.0002	0.0002	0.0000	0.0004
CIR5	0.0000	0.0004		0.0009	0.0009	0.0001	0.0004

Слика 37: Приказ извештаја у PC-DMIS-у [20]

4.1 Кључни индикатори учинка у центру метрологију у FCA Србија

У центру за метрологију постоји низ активности које се обављају у одређеним периодима, као што су провера димензија и геометрију у циљу усаглашености производа са техничким спецификацијама, CAD моделима и цртежима као превентивна сврха пре уградње директно у монтажи. Затим уколико се појаве неке неусаглашености врше се анализе димензија и геометрије да би се открио узрок тих неусаглашености. Такође врше се анализе тако што се прати ефикасност предложених акција у циљу добијања најбољих могућих резултата. Одговорност центра за метрологију је поуздан и ефикасан процес производње који се подудара са стандардима и који је у толеранцијама могућих одступања. Све провере и анализе свставају се у превентивне, реактивне и проактивне. Превентивне анализе су све провере које се обављају пре него што део уђе у производњу а то је PPAP, Маистербук

анализе, контроле процеса итд. Реактивне анализе раде уколико се појави одређено одступање, а проактивне су детаљно решавање проблема, проналажење узрока настајања као и спречавање поновне појаве истог. Кључни индикатори учинка у центру за метрологију су индикатори који треба да испуне најбољу ефикасност и максималну ефективност, а то су: број извршених анализа, просечно време за анализу и индикатор употребе система мерења уз одговарајуће периодичности. Када говоримо о индикатору који нам показује број извршених анализа може се рећи да је то индикатор који нам приказује способност метрологије, индикатор који нам приказује просечно време потребно за анализу је индикатор где се може јасно видети време рада на том проблему. Индикатор употребе система мерења представља ефикасност на основу извршених активности у одређеном временском периоду (углавном у току једног месеца), у зависности од расположивог времена, појаве непланираних аномалија итд [19].

4.1.2 PPAP (Production Part Approval Process) - Одобрење производних делова у процесу

PPAP дефинише поступак одобравања нових или ревидираних делова, или произведених делова из нових или значајно ревидираних метода производње. Постоји пет општеприхваћених нивоа подношења PPAP-а. Резултат PPAP-а пружа доказ да је добављач испунио или премашао захтеве купца и да је процес способан да доследно репродукује делове квалитета. Приликом слања захтева за одређене делове морају се испунити одређени услови а то су да мора садржати пројектну документацију. У пројектној документацији мора постојати копија купца и цртежи добављача. Документација треба да садржи и копију налога за куповину. У неким случајевима добављач је дужан да достави документацију о саставу материјала. Потребна наруџбеница однос захтев за ревизију. Такође морају у документацији бити све информације о саставу материјала који је коришћен. Пре одобрења делова у процесу наручују се делови за тестирање, одређена мерења. Узорци су предвиђени само за тестирање и мерење и све остале потребне анализе пре добијања дозволе за улазак у процес. Дијаграм тока процеса на графички начин приказује читав процес склапања компоненте или завршне монтаже. Ток процеса укључује долазни материјал, монтажу, тестирање, прераду и отпрему. Квалификована лабораторијска документација састоји се од комплетног валидационог испитивања. То може бити интерна лабораторија за тестирање или било која опрема која је уговорена ван локације која се користила за валидацију или испитивање материјала. Софтвери који се користе за повезивање су добављачима су различити. Ја ћу представити MAPS (Material Processing Solution) [21].



На стручној пракси коју обављах у фабрици аутомобила Фиат Србија у одељењу за квалитет у центру за метрологију, поред стечених знања везаних за мерење обављах послове везане за одобрење производних делова у процесу – PPAP (Production Part Approval Procces).

5. ЗАКЉУЧАК

У компанији светске класе постоји неколико позитивних разлика у многим аспектима у односу на друге компаније. Не постоји пречица да компанија постане првак светске класе. Суштина успеха је исправно радити исправне ствари. Компанија не треба улагати погрешне напоре, већ само исправне напоре да постиже могућност да постане првак светске класе. Примена праксе светске класе (WCM) у организацији доводи до веће конкурентности. У основи укључује разне алате, технике и методологије као што су тотално управљање квалитетом, укупно продуктивно одржавање, производња без шкарта, управљање ланцима снабдевања итд. Примена ових WCM пракси није лак задатак због присуства неких препрека. С тим се потешкоћама треба пажљиво поступати како би се процес имплементације олакшао.

WCM – производња светске класе је програм обнављања предузећа, засновано на стандарду непрекидног унапређења и у логистици и у производњи. Њени темељи почивају на постигнутим перформансама и методама које су пратиле водеће светске компаније. Кад прикупе своја дугогодишња искуства стварала су те компаније дефиниције производње светске класе, односећи их на следеће концепте: контрола квалитета, укупно продуктивно одржавање итд. WCM открива и уклања губитке као и настале трошкови. Отпад се анализира, процењује и додељује релевантним процесима. Резултат спроведених анализа указује на начин интервенције. Да би се постигла одговарајућа светска класа ниво, WCM утиче на сву производњу и логистику процеса, подржавајући их системом ревизије и њихово мерење са одговарајућим показатељима.

Управљање перформансама је важан фактор да организација добије конкурентску предност у односу на своје конкуренте. Једини начин да организације то провере или поднесу у ту сврху, мере перформанси користе се за процену и контролу целокупног пословања. Перформансе се могу упоредити у одељењима, пододељењима, тимовима, секторима, појединим процесима итд. Аутомобилске организације су се фокусирале на задовољство купаца и друштвени рад. Индустрија електронике, спорта и текстила ставила је већи фокус на задовољство купаца и поузданост испоруке. На основу регресијске анализе можемо закључити да је мерење перформанси у погледу трошкова, финансија, квалитета, времена, флексибилности, поузданости испоруке, сигурности, задовољства купаца, задовољства радника и показатеља друштвеног учинка индекс учења и раста има утицаја на укупне перформансе организација.

Напори који су уложени у било који KPI пројекат представљају основа мерења која се користе за анализу обављање било ког интернетског улагања. KPI су само релевантни ако нам могу показати пут до успеха, пут са много различитих акција са циљем да се покушају побољшати стални напор оптимизације. Оптимизација се дефинише као стално унапређење резултати који се добијају различитим активностима као што су они који се вреднују у оквиру строгог поступак мерења.

ЛИТЕРАТУРА

[1] ArcelorMittal site, Интернет адреса: <https://blog.arcelormittal.com/2012/06/13/our-journey-to-world-class-manufacturing/> приступљено дана: 01.07.2019. године

[2] Ђокић И ., (2010, May Focused Improvement in Real Time. In *4th International Quality Conference Kragujevac: Center for Quality, Faculty of Mechanical Engineering, University of Kragujevac*, Интернет адреса : <http://www.cqm.rs/2010/4iqc/pdf/009.pdf>, приступљено дана: 01.07.2019. године

[3] Mendes, R. D. C., & Mattos, M. C. D. (2017). Knowledge Management and World Class Manufacturing: an initial approach based on a literature review. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 22(2), 244-263. Преузето са : Интернет адреса: <https://pdfs.semanticscholar.org/7325/482f5dd143cfd6f5f5498a4859bf76656a2a.pdf>. приступљено дана: 19.07.2019. године

[4] de Oliveira, P. S. G., da Silva, D., da Silva, L. F., Tecilla, M. C., & dos Santos Lopes, M. (2016). Proposition factor model of World Class Manufacturing in brazilian enterprises. *Independent Journal of Management & Production*, 7(2), 488-502. Интернет адреса: <https://pdfs.semanticscholar.org/24e8/79e5ca6397e5b7b6e088acf9c1c9b583ddfa.pdf>, приступљено дана: 19.07.2019. године

[5] De Felice, F., Petrillo, A., & Monfreda, S. (2013). Improving operations performance with world class manufacturing technique: a case in automotive industry. *Operations management*, 1-30 Интернет адреса: <https://www.intechopen.com/books/operations-management/improving-operations-performance-with-world-class-manufacturing-technique-a-case-in-automotive-indus>, приступљено дана 01.07.2019. године

[6] Geisler, E. (1994). Key output indicators in performance evaluation of research and development organizations. *Technological Forecasting and Social Change*, 47(2), 189-203. Интернет адреса: <http://www.opentextbooks.org.hk/ditopic/18777>, приступљено дана: 06.07.2019. године

[7] Sarı, E. B. WORLD CLASS MANUFACTURING (WCM) MODEL AND OPERATIONAL PERFORMANCE INDICATORS: COMPARISON BETWEEN WCM FIRMS. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 19(2), 249-269. Интернет адреса: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/618812>, приступљено дана: 01.07.2019. године

[8] Murata, K., & Katayama, H. (2009). AN EVALUATION OF FACTORY PERFORMANCE UTILIZED KPI/KAI WITH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (< Special Issue> Operations Research for Performance Evaluation). *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 52(2), 204-220. Интернет адреса: http://www.orsj.or.jp/~archive/pdf/e_mag/52-2-204-220.pdf, приступљено дана. 19.07.2019. године

- [9] Sukarma, L., & Azmi, H. (2015). The measures of performance for world class manufacturing practices: a critical review. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 761, pp. 545-549). Trans Tech Publications. Интернет адреса: https://www.researchgate.net/publication/274570439_The_Measures_of_Performance_for_World_Class_Manufacturing_Practices_A_Critical_Review, приступљено дана: 19.07.2019. године
- [10] Silva, L. C. S., Kovaleski, J. L., Gaia, S., Garcia, M., & de Andrade Júnior, P. P. (2013). Cost deployment tool for technological innovation of world class manufacturing. *Journal of Transportation Technologies*, 3(01), 17. Интернет адреса: https://www.researchgate.net/publication/276491506_Cost_Deployment_Tool_for_Technological_Innovation_of_World_Class_Manufacturing, приступљено дана: 08.08.2019. године
- [11] Bamber, C. J., Sharp, J. M., & Castka, P. (2004). Third party assessment: the role of the maintenance function in an integrated management system. *Journal of Quality in maintenance Engineering*, 10(1), 26-36. Интернет адреса: https://www.researchgate.net/publication/275032732_Development_of_world_class_manufacturing_framework_by_using_six-sigma_total_productive_maintenance_and_lean, приступљено дана: 08.08.2019. године
- [12] Rødseth, H., Strandhagen, J. O., & Schjølberg, P. (2015, September). Key Performance Indicators for Integrating Maintenance Management and Manufacturing Planning and Control. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems* (pp. 70-77). Springer, Cham Интернет адреса: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01417400/document>, приступљено дана: 08.08.2019. године
- [13] Скрипта Проф,др Иван Мачужић, Интернет адреса: http://moodle.mfkg.rs/pluginfile.php/112239/mod_resource/content/1/7.%20WCM%20-%20TPM.pdf, дана 01.06.2019. године, приступљено дана: 01.07.2019. године
- [14] Mey, J. H. P. (2011). The impact of implementing world class manufacturing on company performance: a case study of the ArcelorMittal South Africa Saldanha Works Business Unit. *Doctor Thesis. Stellenbosch: Stellenbosch University*, Интернет адреса: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1002.2064&rep=rep1&type=pdf>, приступљено дана: 01.07.2019. године
- [15] DUDEK, M. (2013). Organizing of Logistic Pillar in WCM Systems. In *Cappathian Logistic Conference, Cracow, Poland, Congress Proceedings* (pp. 391-396). Интернет адреса: https://www.researchgate.net/publication/273429907_Organizing_of_logistic_pillar_in_WCM_systems, приступљено дана: 15.08.2019. године
- [16] Kiljan, A. (2015). World Class Manufacturing as a new management method. *Selected Engineering Problems*. Интернет адреса: <https://www.google.com/search?q=Anna+KILJAN+Institute+of+Engineering+Materials+and+Biomaterials%2C+Faculty+of+Mechanical+Engineering%2>, приступљено дана: 25.08.2019. године

- [17] Gironda, L. (2018). *Application of WCM Methodologies for First Time Quality improvement* (Doctoral dissertation, Politecnico di Torino). Интернет адреса: <https://webthesis.biblio.polito.it/7079/1/tesi.pdf>. Приступљено дана: 25.08.2019. године
- [18] Labib, A. W. (1998). World-class maintenance using a computerised maintenance management system. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 4(1), 66-75. Интернет адреса: http://abcm.org.br/symposium-series/SSM_Vol5/Section_V_Intelligent_and_Distributed_Manufacturing_Systems/06103.pdf, приступљено дана: 25.08.2019. године
- [19] Morey, B. (2013). New Metrology Culture Improving Chrysler Quality. *MANUFACTURING ENGINEERING*, 151(3), 69-+. Интернет адреса: <https://advancedmanufacturing.org/new-metrology-culture-improving-chrysler-quality/>, приступљено дана: 25.08.2019. године
- [20] Интернет адреса: <https://www.foundry-planet.com/equipment/detail-view/hexagon-metrology-announces-pc-dmis-touch/?cHash=a3f07dc16e06951c602656e89f87202c> Преузето дана: 15.09.2019. године
- [21] Интернет адреса <https://quality-one.com/ppap/>, преузето дана: 12.09.2019. године