Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Индустријски инжењеринг

Предмет: Управљање индустријским процесима

Број индекса: 437/2015

Александар Д. Арсенијевић

Имплементација Lean система у савременој индустрији помоћу методе мерења времена – MTM у компанији „Wacker Neuson“

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Иван Мачужић**
2. _____
3. _____

Датум одбране:_____

Оцена:_____

Резиме

Као основа за писање овог рада коришћена је различита литература, како у виду уџбеника, мастер радова и докторских дисертација, тако и практичних извора и литературе за обуку приликом обављање пракси. Рад је пропраћен илустрацијама ради лакшег разумевања и прегледности. Циљ рада је објашњење шта заправо означава појам МТМ, шта се може постићи његовом употребом у предузећима и какву улогу има у савременој индустрији. Такође, овај рад се може искористити како би се разумео основни, али и напреднији ниво имплементације lean концепта у организацијама.

Main literautre used for this thesis are books used for studies, master thesis, PhD thesis as well as practical literature and tutorials for traineeship program in terms of presentations and books. The main goal is presenting what is conisdered as a term MTM, what can be achieved by his implementation and what is the main usage of it. Also, this thesis can be used as an explanation of the basic and intermediate terms of the Lean concept in industry nowadays.

Кључне речи:

- Метод – мерење времена
- Lean
- Оптимизација процеса
- Пракса
- Кодови и блокови

Keywords:

- Method – time measurement
- Lean
- Process optimization
- Traineeship
- Codes and blocks

Садржај

1. Концепт Тојотиног Продуктивног Система (TPS) 5
1.1. Just in Time принцип 9
1.2. Jidoka приступ 10
1.2.1. Канбан - систем картица 11
1.3.Темељ куће lean приступа 14
1.3.1. Алат *5G* 15
1.3.2. Heijunka 16
1.3.3. Визуелни менаџмент 19
1.3.4. FIFO линија 22
2. Увод у Lean, појам и развој Lean-а 29
2.1. *PDCA* циклус 30
2.2. Седам губитака у производњи 33
2.2.1. Прекомерна производња 35
2.2.2. Чекање 36
2.2.3. Транспорт 38
2.2.4. Прекомерна обрада 39
2.2.5. Залихе 39
2.2.6. Непотребни покрети 40
2.2.7. Шкарт 40
2.2.8. Неискоришћени ресурси – људски потенцијал 40
3. Појам и настанак МТМ-а 42
3.1. Израда блокова по „*UAS*“-у 50
3.2. Анализа помоћу *UAS блокова* 53
3.3. Подела структуре и концепт МТМ блокова 55
3.3.1. Узорци А типа 56
3.3.2. Узорци Б типа 57
3.4. Основни МТМ *UAS* кодови 58
4. Увођење МТМ алата у компанију „Wacker Neuson“ 68
4.1. Активности и операције у фирми „Wacker Neuson“ 71
4.2. Основе о погону „Wacker Neuson“-а 73
4.3. Снимање операција у оквиру МТМ-а 75
4.4. Анализа снимака и оптимизација процеса 80
5. Закључак 86
Литература 87

1. Концепт Тојотиног Продуктивног Система (TPS)

Данашњи начини пословања и индустрија трпе утицаје глобалних трендова и конкурентности. Глобализација је појам који се јавио крајем прошлог века и представља међусобну повезаност и узајамни однос међу свим земљама света. Међутим, оне земље које имају већи капитал и развијену индустрију су најприсутније и њихове утицаје осети веома велики број земаља. Ово се најпре односи на свет пословања, а затим се имплицира на свакодневни живот појединаца у читавом свету. Глобализација има моћ да потпуно промени тржиште, као и окружења у којима послују организације.

Поред овога, овај појам се односи и на начине функционисања самих предузећа. Захваљујући глобализацији, читав свет тежи повезивању на економском, друштвеном и еколошком нивоу. Разлог појаве су кретање и транспорт роба и услуга, технологија, људских ресурса и капитала путем целог света, а све ово резултирало је економској међузависности међу народима и организацијама. Дошло је до појаве нових тржишта, као и нових извора иновација и капитала за организације.

Међутим, глобализација и поред својих добрих страна, доноси и одређене недостатке и ризике. Проблем који се јавља је велики ризик од економских проблема, јер на овај начин може доћи до брзог проширивања проблема са једне државе на цео свет, као и са једног сектора на друге, који немају много додирних тачака. Пример за ово је фискална криза услед пада берзе у САД-у која трајала у периоду 2007-2008. године. Веома брзо је уследила тзв. глобална рецесија, односно стварање економских губитака светских размера, које су знатно уздрмале не само Америку, већ и све остале континенте. Наравно, највећи утицај ово је имало на њихове најближе пословне партнере.

Поред овога, сведоци смо да данас долази до мешања социјалних слојева и различитих друштава, пре свега на културном, политичком и верском нивоу.Осим физичких миграција и померања друштва, већ скоро три деценије присутна је комуникација путем информационих технологија. Оне су достигле толико висок ниво да се комуникација сада одржава у реалном времену, између било која два корисника, док је раније то било могуће само за војну и комуникацију ентитета који се налазе на високим позицијама. Најпре због тога, али и због још доста других фактора, који ће бити наведени касније у раду, информационе технологије потпуно су промениле начин пословања и зато заузимају јако битно место.

Два поменута појма донела су огромне промене на тржишту, како због стварања вредности производа и услуга, тако и због самог начина њиховог добијања и утицају на организациону структуру компанија. Када говоримо о структурирању и стратегијским циљевима компаније, неопходно је размотрити почетке савременог начина пословања.

Наиме, савремена индустрија развијених земаља доживела је значајно унапређење увођењем *lean* система. Овај назив заправо је прилагођен западном систему индустрије. Појам означава флексибилан систем, који се лако прилагођава било каквим променама на тржишту и/или захтевима купаца. У свету пословања и производном окружењу, појам *lean* описује више од самог пословања. Он означава филозофију организације која подразумева коришћење алата и техника како би се оптимизовало време обраде, или производње.

Поред тога, битан акценат стављен је на људске ресурсе, продуктивност и побољшање квалитета производа или услуге, како би се повећало задовољство купаца, односно корсника. Како би једна организација преузела и имплементирала овај систем, потребно је доста времена и константног унапређења. За увођење *lean-a* је потребно доста упорности и пожртвовања, као и велика количина знања, како из области управљања и теоријских знања, тако и из практичног рада и познавања производних технологија. Разлог за ово је његова комплексност, јер он прожима сваки сектор предузећа, али и начина размишљања, те је потребно користити његове алате и у свакодневном животу.

Прво увођење овог начина пословања везано је за Јапан, тачније за компанију Тојота. Изворни систем, који се и дан данас тако зове је Тојотин Производни Систем (TPS). За остварење овог система заслужно је четири човека, чланови породице Тојода: Сакичи Тојода, који је основао фабрику *Тојода* 1902. године; његов син, Кичиро Тојода, био је управник производње аутомобила (тада се ова фабрика бавила и производњом камиона) и изумитељ концепта *Just-in-Time*; Еиџи Тојода, који је касније био директор фабрике; на крау Таичи Оно, најзаслужнији за данашњи концепт *TPS*-а, кога називају и „отац kanban система“.[1]

Занимљиво је да се Сакичи Тојода најпре бавио развојем текстилне индустрије. Године 1902. изумео је „аутоматски разбој“ који је значајно унапредио рад овог сектора. Касније се пробудило интересовање за ауто индустрију. Први камиони и аутомобили које је произвела ова фабрика били су знатно лошији од већ постојећих на тржишту, али то није обесхрабрило Саичија. [2] За камионе који су се појавили карактеристично је било што су имали само један фар. Ово је карактеристичан показатељ да је породица Тојода била веома храбра у доношењу одлука. Иако су били делом тврдоглави у доношењу одлука, знали су када треба да промене приступ и прилагоде се конкуренцији и тржишту.

Велики ударац за индустрију био је Други светски рат, када су Хирошима и Нагасаки били потпуно сравњени. Губитак ова два града значајно је утицао на читаву земљу у сваком погледу. Тада је Тојода променила приступ и преузела нове моделе управљања. Шаљу своје менаџере у Фордове фабрике у САД-у. Велико искуство и знање ових менаџера омогућило им је да увиде сјајна побољшања која могу применити, али и грешке у компанији. Тада је почео процват ове фабирке.

Када је реч о индустрији, неопходно је кроз дигресију поменути Хенрија Форда и његов допринос њеном развоју. Познато је да је он увео концепт покретне траке и тиме започео масовну произвоњу. Захваљујући њему, време циклуса производње је неколико пута умањено, док је са друге стране повећана продуктивност, а трошкови значајно смањени. Ипак, мање је познато да је он имао посебан дизајн својих фабрика. Наиме, свака његова фабрика састојала се из више спратова.

На највишем спрату налазили су се најситнији делови аутомобила, везивни елементи попут заврњева, матица, ситних зупчаника и сл. Оно што чини ову фабрику револуционарном је то што је постојала цев која омогућује транспорт елемената између највишег спрата и спрата испод њега. На овај начин радници су слали готове полупроизводе на нижи спрат, где се вршила њихова даља монтажа. На последњем спрату налазио се лифт, који је спуштао производе великих габарита, како би се извршило финално монтирање. Његова главна идеја била је да се крене од најситнијих делова на врху ка готовом производу на приземљу. На овај начин производња је била знатно убрзана. Данас се овакав тип фабрика не користи, због одређених недостатака, али у већој мери због тога што нам савремена технологија омогућава много ефикаснију израду коришћењем линијског типа производње.

Недостаци које су Јапанци увидели у Фордовим постројењима искористили су веома брзо. Схватили су да се не могу надметати ни са Фордом, али ни са осталим конкурентима по питању обима производње. Оно што су увидели тада је да купци постају све захтевнији и све њихово незадовољство које се односи на чекање производа је експоненцијално расло. [2]

Међутим, ове велике корпорације нису биле свесне тога, јер су сматрали да су у надређеном положају у односу на купца. Убрзо су њихови капацитети и број залиха били вишеструко већи од потребних. Затим су кренули да траже компаније које су биле доста мање од Тојоде, али са великим потенцијалом за раст и са њима су везивали дугорочне уговоре.

Након тога, фокусирали су се на производњу унутар својих фабрика. Одмах су уочили да се користи само десети део времена на добијање вредности производа, док се чак 9 пута више времена троши на припрему комада, радног места, алата и транспорт. Други проблем је велики проценат шкарта, који је било неопходно елиминисати. Трећи проблем представљали су недовршени производи, услед великог броја различитих модела аутомобила. Решили су да смање све ове трошкове методом елиминације губитака. Тада се први пут јавља шема TPS-а и то у виду пилара. Графички представљено, пилари су заправо стубови који држе кров, а он представља крајњи циљ, а то су: најбољи квалитет, најнижи трошкови, најкраће време циклуса, најбезбедније радно место, висока мотивација радника.

Слика 1. Шема *lean* куће

На слици је приказан основна шема овог принципа која се у литератури назива кућом lean концепта. Њу чине темељ, који представља базу, односно филозофију и начине размишљања које треба применити, кров, који представља циљеве и финалне резултате примене 'принципа и пилари, односно стубови који служе као алати којима се до тих циљева долази.

1.1. Just in Time принцип

JiT означава први пилар овог концепта. Читава поента овог пилара је јако једноставна : потребно је допремити тачно одређени производ, у одређеној количини, у тренутку који купац тражи.

Сваки пилар састоји се из одређених алата који га употпуњују. У овом случају имамо Takt time, SMED, Pull,континуални ток и логистику.

Такт означава временски интервал који је потребан за извршење одређеног процеса, односно свих процеса који се паралелно одвијају на једној линији. Када се утврди такт, следећи корак је балансирање такта на линији, тако што се процеси распоређују како би сви радници били упослени једнако и сви завршини у исто време. За балансирање линија кључан је степен сатурације, односно заузетости једног оператера.

Следећи појам је SMED (Single-Minute Exchange of Dies) и у буквалном преводу означава промену алата која се деси за јеноцифрен број минута. Ово се може схватити хиперболично, али свакако треба тежити овом циљу. SMED представља посебне методе које омогућавају извршење промене алата у најбржем могућем времену како би се избегли непотребни трошкови. Основни циљ брзе измене алата је повећање продуктивности и флексиблиности, као и смањење трошкова.

*Pull*систем је нешто што се веома често среће у данашњем пословању. Чак и оне организације које нису потпуно имплементирале *lean*систем имају за циљ овај алат. Он означава производњу само када се купац јави са наруџбином. Циљ је имати *0 залиха*, што је такође један од елемената, који подупире *pull* систем.

До појаве овог система, коришћен је *push* приступ, који означава производњу све док не нестану ресурси. Онда следи пласирање и форсирање продаје производа, како би компанија била профитабилна. На овај начин долазило је до појаве великих губитака за фирме, тако да је било неопходно учинити нешто по том питању.

Јапанска компанија користила је концепте светских компанија, унапредила их и на тај начин формирала свој продуктивни систем. Након одређеног периода, остатак света је схватио значај овог начина пословања.

Континуални ток је нешто што је донело драстичне промене у фирмама. Континуални ток производње односи се на линијску производњу без прекида. Овај алат је уско повезан са балансирањем линија, јер се на тај начин најбоље елиминише тзв. уско грло, односно нагомилавање обавеза које оператер има због лоше организације производње. Континуалном производњом регулише се овај проблем и степен сатурације постаје еквивалентан на свим процесима на линији.

1.2. Jidoka приступ

Други пилар односи се на Jidokaпринципу, чији је основни циљ суочити се са проблемима и учинити их видљивим, како би се спречила њихова појава у будућности. Алати који се користе овде се могу категорисати у превентивне и реактивне. Реактивни алати нису толико пожељни за коришћење и увек је боље искористити превентивне, како би се проблем спречио пре него што наступи.

Аутоматско заустављање је један од основних метода овог пилара. Његов задатак је да прекине са производњом уколико наиђе на грешку. Овај метод је могућ уколико постоје уграђени сензори. Постоје разне врсте ових сензора. Најједноставнија врста је која детектује вишак материјала уколико он постоји. Када предмет обраде прође траку и дотакне ласер, сензор одмах зауставља траку и производња се прекида док се предмет не уклони или доради. Друга врста се јавља у виду завесе. Скица предмета обраде компјутерски је нацртана и виртуелно постављена на завесу. Уколико се ивице предмета обраде не оцртавају по скици, сензор аутоматски прекида сваки покрет машине.

Јапански технолози дошли су до закључка да се појава шкарта може знатно смањити уколико се повећа контрола квалитета у току процеса производње. Након сваке операције потребно је да оператер преконтролише добијени део и тек након провере га може проследити на следећу операцију. На овај начин се може знатно уштедети време и ресурси, јер се тим за контролу квалитета може позабавити другим стварима. У замишљеним условима, контола квалитета као сектор уопште није ни потребна, па се самим тим радници који би били задужен за тај сектор могу фокусирати на друге проблеме.

Још један алат у низу је 5 Why? односно 5 зашто. Сврха овог алата је доћи до корена проблема понављајући ово питање неколико пута, све док се не утврди прави узрок проблема. На пример:

- Зашто је дошло до појаве шкарта? – Зато што је машина обрадила комад на лош начин.
    - Зашто је машина обрадила лоше комад? – Зато што је лоше позициониран комад.
        - Зашто је комад лоше позициониран? – Зато што су стеге слабе.

Наравно, овај алат се зове 5 Зашто и није потребно увек поставити питање 5 пута, али уколико се до тада не добије прави одговор, треба променити приступ проблему.

Циљ Јидока приступа своди се на смањење трошкова и повећање квалитета производа или услуга, а самим тим и задовољства купаца. Такође, овакав приступ омогућава имплементацију тзв. канбан алата, јер се по правилима овог алата не смеју транспортовати лоши делови, односно производи који су шкарт.

1.2.1. Канбан - систем картица

Канбан у буквалном преводу са јапанског језика означава реч „картица“, што у пракси означава видљиви запис или шаблон који олакшава комуникацију.

Канбан се данас користи као картица, који представљају репер производње, како би се вршила контрола производних процеса, складишта, производње у целости и добављача делова. У производним системима, ови репери се користе како би се управљало деловима операција кроз линијски ток материјала.

Алат примењује картице како би омогућио производњу и ток материјала (репроматеријала или полуготових делова) између две радне станице. Канбан не мора нужно користити картице, већ се и вербална комнукација (путем интерних канала, телефоном или довикивањем), као и застава, светлосни сигнал, знак дат руком итд, такође могу сматрати као вид канбана. Постоји пример где су се користиле лоптице за голф и убацивањем одређене боје лоптице у цев давао сигнал за даљу производњу и ток материјала.

Овај алат не треба мешати са концептима *JiT и Jidoka*, који су наведени раније у тексту, јер се ту говори о много ширим појмовима, док се канбан може сматрати алатом који служи за њихово утврђивање. [3]

Дати метод се ослања на читав систем lean-а. Најпре се за његову имплементацију користе стандардизовани рад, 5S алат, као и визуелни менаџмент. На овај начин се могу лако и ефикасно управљати испорукама и залихама. Циљ система је да подржи производњу и запослене обезбеђивањем потребних испорука на правом месту и у право време (овде можемо видети утицај осталих алата на канбан). [4]

Тојота је развила овај принцип 1940. године, како би проичистила читаву производњу на основу организације производних линија. Ово је био први корак ка pull систему, јер је циљ био да се осигурају залихе тако да буду засноване на стварним наруџбинама купца, док се раније производња сводила на менаџерске прогнозе. Канбан стартује са поруџбином купца и прати производњу током свих процеса, јер се сви захтеви за делове повлаче из поруџбине. У неким фирмама канбан је заузео место читавог pull система, па се уместо термина канбан користи термин *вучни систем.*

Слика 2. *Канбан - pull систем*

Канбан систем користи методу попуне материјала, основан од стране Тојотиног Продуктивног Система. Канбан има задатак да постави сигнал за допуну, који елиминише потребу за пребројавањем и процењивањем количине залиха. Постоји више начина за имплементацију, а најчешћа метода је 2 *bin system (систем две кутије)*.

Овај систем се не користи само у производњи, већ и у сваком систему који је заснован на управљању складишта/места одлагања, као и у операционим истраживањима. Наиме, 2 бин систем означава коришћење две кутије, контејнера, корпе, који имају исте димензије и од истог су материјала. Прва кутија намењена је за добављање тренутне поруџбине, док је друга потребна за намиривање истих потреба, за време мењања прве кутије.

Другим речима, овај систем користи две кутије како би се лакше управљало складиштем, које обично садржи ситне, али основне делове (као што су везивни машински делови попут шрафова, или зупчаници, плочице, итд). Овај систем подржава вучни систем, у ком се делови добављају путем две ротирајуће кутије.

Канбан 2 *bin* систем може бити од великог значаја уколико производња захтева велики број ситних делова, као и делова којима се лако рукује. У том случају, ефикасност и ефективност система била би веома унапређена. Ипак, уколико се преедузеће бави репроматеријалима и полупроизводима већих димензија, деловима који захтевају велико време такта, као и скупих и веома вредних делова, било би пожељно унапредити овај систем, или пронаћи други начин добављања материјала. [5]

Слика 3. *Канбан картица*

Канбан се може дефинисати кроз пример. Уколико се у одређеном временском периоду продало мање производа него што је било планирано, остала места у складишту попуњавају се премештањем картица из дела складишта предвиђеног за прекомерни ток производње на део складишта који је предвиђен за планирани производни капацитет. Премештање се понавља све док се складиште за планирани производни капацитет не попуни до краја, или се складиште за прекомерну производњу потпуно не испразни.

Практично, можемо навести пример где је потребно снабдевање одређених полупроизвода на линију са одељења *semi-finish*, које има задатак да исече делове челика по одређеним димензијама. Најпре је потребно поставити две кутије у које је потребно убацивати полупроизводе. Када се полупроизвод из кутије узме, оставља се канбан картица. Свака канбан картица је другачија и зависи од више фактора. Најпре је битна делатност којом се организација бави. Затим производи и на крају сама одлука менаџмента који ће дизајн картица имати, како би најбрже пренела потпуну информацију.

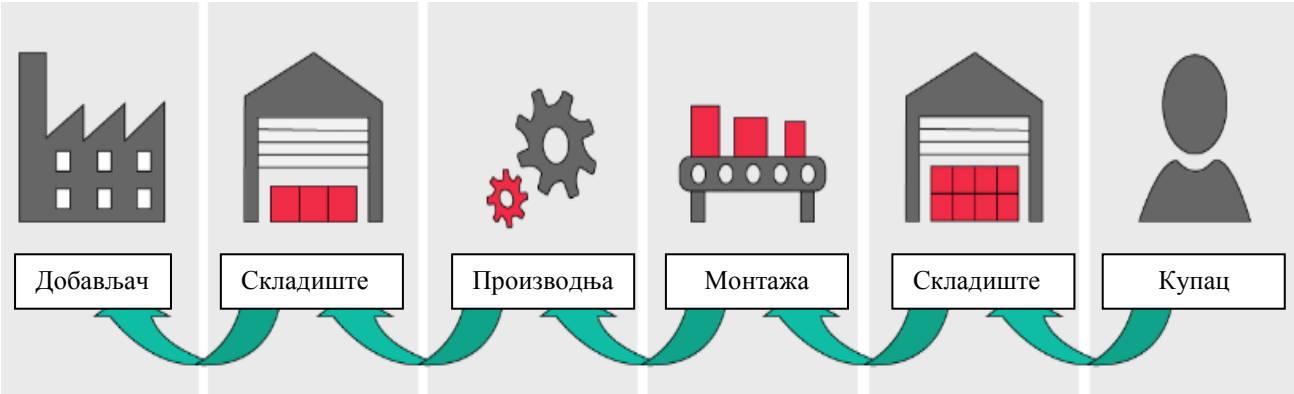
Систем две кутије се може искористити тако да се на једној кутији налази канбан картица, а на другој се може наћи само назив или шифра полупроизвода.

Треба напоменути и да се на одређеном радном месту налази већи број полупроизвода, тако да се пре узимања елемента мора проверити канбан картица, како би се утврдило да ли је то тражени полупроизвод за део који се обрађује.

Радник са линије тачно зна који производ му је потребан и када провери картицу, узима производ. Након тога убацује картицу која мења овај производ у кутији. Ова радња се понавља све док не нестане производа из кутије. Када радник узме последњи комад из прве кутије, та кутија се поставља на одређено место где ће је *semi finish* одељење допунити бројем комада који је једнак броју картица.

Празна кутија представља сигнал *semi finish* одељењу да је допуни. Информације о томе које производе треба убацити у кутију, као и о којој количини је реч, налазе се на картици, те се самим тим елиминише непотребно време проверавања.

За то време, радник са линије узима другу кутију и поставља је на место прве и на тај начин нема непотребног заустављања тока материјала. На слици је дато једноставно објашњење вучног система подржаног канбаном.



Слика 4. *Pull систем*

Иако заузима највеће место, канбан не може да опстане без осталих алата који се међусобно допуњују и унапређују.

Систем уређаја који се често срећу у свакодневном животу и вероватно су најраспрострањенији су poka-yoke уређаји. Њих је креирао и дизајнирао Шингео Шинго, индустријски инжењер Тојотиног развојног система. Његов циљ је био имплементација концепта *Нула контроле квалитета*, чиме би укинуо центар који би се бавио само контролом, јер би и оператери на линијама могли да провере да ли је производ одрађен на квалитетан начин.

Poka-yoke показује да ли су потребни услови задовољени пре него што дође до самог процеса производње и на тај начин спречава грешке које се могу појавити у старту.

Главни циљ ових уређаја је да омогући елиминисање грешака у производњи. Уређаји служе превенцији, исправљању и усмеравање на шта треба обратити пажњу како би се спречили све могуће грешке. [6]

Они заправо представљају скуп предмета и алата који се не могу искористити/монтирати/поставити, осим онако како је произвођач замислио.

Овај тип уређаја може се искористити у веома великом броју случајева, а најчешће се примењује у спречавању грешака у следећим примерима:

- Грешка приликом извршавања одређене операције (не користи се стандардна процедура)
- Грешка при постављању (односи се на информационе технологије, али и на алате)
- Систем није комплетан (нису сви делови на свом месту, фали део, на лошем је месту заварен и сл)
- Елемент није одговарајућег квалитета или стандарда
- Грешка у самој операцији, неисправни подаци, погрешно руковање
- Појава грешке у мерењу (неисправно подешена машина, лоши резултати мерења)

Најједноставнији пример за ове уређаје је флеш меморија која се убацује у *USB* пријем рачунара. Она је направљена тако да се може убацити у рачунар само на један начин. Уколико је окренемо, неће бити могуће убацити је због наменски дизајнираних жлебова и избочина. Још један пример је постављање *SIM* картице у телефону, или дизајн утичнице и утикача. Постоји зазубљени део на телефону који се поклапа са картицом, тако да је немогуће поставити је на неки други начин.

1.3.Темељ куће lean приступа

Ова два пилара чине два од три дела који одржавају сваку организацију. Трећи део куће је дат у виду континуалног побољшања, односно *Kaizen*-а. Он се најједноставније може описати као постепено унапређење сваког дана. Уколико желимо да очистимо просторију и за то нам треба пар сати, исти ефекат ћемо добити

и уколико сваки дан уклонимо по један предмет из ње. Главна сврха *kaizen*-а је да је на дуже стазе и стратегијски ово најефикаснији могући начин. Континуалним унапређењем за годину дана можемо постићи више него уколико бисмо једном месечно предузели драстичне мере. Са друге стране, није увек циљ постићи само унапређење. Постоје случајеви када се средина и друштво не могу прилагодити на нове ствари у року од пар сати/дана/недеља. Коришћењем континуалног унапређења читава организација биће спремна на иновације и побољшање.

Потпуни контраст *kaizen*-у је kaikaku, односно скоковите промене. Постоје случајеви када је добро применити ову методу, али су оне доста ређе од *kaizen*-а. Ова побољшања се могу описати кроз симболе, где *kaizen* представља корњачу која полако, али сигурно стиже до свог циља, док је kaikaku дат у виду зеца, који је јако брз, али доста губи на енергији и умара се. Постоји и трећа врста побољшања, а то је комбинована метода скокова са континуалним унапређењем. Она је у већини случајева јако делотворна и ефективна, али се не може увек применити, услед великих трошкова, лоше организације или једноставне немогућности због природе посла и привредне делатности.

Да би се остварио *kaizen*, потребно је извршити баланс између људских ресурса и смањења губитака. Јако је битно имати добар однос са запосленима, јасно и јавно им представити планове, како стратегијске, тако и структурне и оперативне. Доношење одлука потребно је консултовати се са колегама, без обзира на хијерархијски ниво. На крају, али не мање битно, потребно је извршити одговарајућу обуку и тренинг запослених, како би спремни дочекали задатке и пружили свој максимум на прави начин.

1.3.1. Алат *5G*

Са друге стране налази се смањење губитака и оно се остварује буђењем свести код запослених. Потребно је консултовати се са њима и указати им на могуће грешке и губитке. 5 G је алат који се веома добро спроводи у пракси и назива се тако због почетних слова 5 фаза кроз којих треба проћи како би се утврдио проблем и смањио губитак. [1]Он се најпре базира на описивању самог проблема, а затим и приступању његовог решавања. Описивање проблема се мора извршити на комплетан и детаљан начин, користећи теоријска знања која су пропраћена праксом. Друга битна ставка је усклађивање ова два елемента – теорију и праксу, тако да се свакој ситуацији може приступити на више нивоа. [2]

На крају, датих 5 фаза неопходно је пропратити по датом редоследу како би ефикасност овог алата досегла свој максимум. 5G представља 5 корака где је свакој додељен термин на јапанском језику који почиње словом г.

Најпре је постојао систем који се називао 3G, а касније су Јапански технолози схватили да је потребно додати још две фазе, како би процес био потпун. Ове фазе супредстављене у табели:

Јапански назив	Превод	Значење
Gemba	Право место	Иди на место настанка проблема
Gembutsu	Прави алати (предмети)	Испитај машине, алате, предмет обраде
Genjitsu	Праве чињенице	Провери механизме и технику
Genri	Методе (процеса)	Поступи по теорији
Gensoku	Парамтери	Постави стандарде и прати праве методе

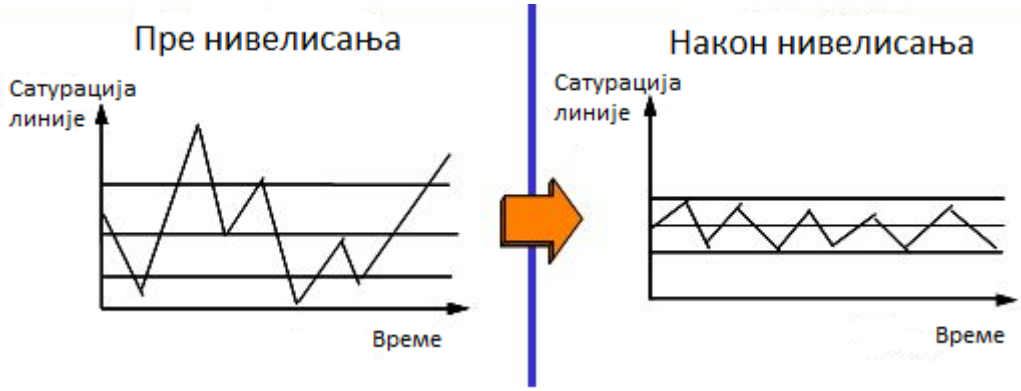
Табела 1. *Кораци 5G алата*

Ово су основни пилари који успостављају равнотежу унутар фирме. Током времена разне студије и искуства показала су да је потребно развити још пилара, како би успешно били пропраћени сви елементи једне организације. До данас је стандардизовано 10 пилара, које би свака фирма морала да поседује како би се сматрало да је утврђен *lean*систем.

Оно што је остало непромењено је тзв. темељ куће овог система. Када се утврди производња и планови предузећа, потребно је испитати времена која су потреба да би се добио финални производ. У тексту је раније помењен такт тајм, који је потребно дефинисати и он представља следећи корак у организацији производње. Када се измери време такта, неопходно је извршити неке измене, да би се изнивелисао рад свих радника и на тај начин постигла максимална ефективност и самим тим смањење трошкова.

1.3.2. Heijunka

Један од начина балансирања линије је *Heijunka*, који у буквалном преводу означава нивелисање, у овом случају линија или процеса. На самом почетку потребно је разграничити нивелисање наруџбине и производње. [3] Наиме, разлика је та што ниједна организација није у стању да управља самом наруџбином, јер она зависи искључиво од купаца, односно промена и потражње на тржишту. Оно што је могуће контролисати је фреквенција производње, на шта утичу информације о тржишту, материјали, репроматеријал, квалитет добијених производа и реалне слике производње. У наставку је дат графички приказ резултата и основног циља примене овог алата.



Слика 5. *Резултати heijunka алатаприказани дијаграмом*

Овај алат је најбоље објаснити кроз пример. Претпоставимо да је потребно направити 20 комада предмета под називом *А,* 10 предмета *Б и 5 В.* Приликом примене класичног модела производње, расподела производње по данима изгледала би овако:

Р. сат	Понедељак	Уторак	Среда	Четвртак	Петак
1.	А	А	А	Б	В
2.	А	А	А	Б	В
3.	А	А	А	Б	В
4.	А	А	Б	Б	В
5.	А	А	Б	Б	В

Табела 2. *Табела производње по данима*

У датој табели дат је приказ према броју наручених комада. Највећи простор заузео је комад А, пропорционално потражњи. Класични метод користи степенасту композицију, што значи да ће највише простора имати опадајућим низом најпре производ А, затим производ Б и најмање времена заузеће производ В.

У класичној производњи, пропраћеној датом табелом можемо уочити пар грешака. Уколико пример посматрамо практично, можемо да претпоставимо да постоји велика потражња за предметом В у уторак. Купци ће у том случају морати да сачекају до дана производње, односно до петка. За то време, велика је вероватноћа да ће пронаћи новог произвођача и на тај начин фирма губи своје кориснике.

Други проблем настаје уколико фирма покуша да направи ванредни распоред, како би испунила очекивања купаца и елиминисала њихово чекање. Тада долази до потпуне конфузије услед промене распореда. Такође, треба напоменути и додатне трошкове, потребно је ангажовати раднике да раде прековремено или направити нов размештај по сменама и што је још горе, може доћи до нагомилавања обавеза радницима, што треба избећи по сваку цену. На овај начин долази до нарушавања стабилности система.

Такође, постоји шанса да потражња за елементом В опадне, што ће резултовати нагомилавањем залиха и производњом више елемената од захтеваних. Оваква ситуације се карактеришу као прекомерна производња.

Поред свега овога, у производњи увек, постоји велика могућност да се појави шкарт. Уколико нпр. на петом радном сату схватимо да је машина неисправна, то аутоматски имплицира да смо већ четири протекла сата производили шкарт. Уколико једна линија стане на минут, то се може сматрати огромним губитком за фирму, тако да су губици у овом случају огромних размера.

Р. сат	Понедељак	Уторак	Среда	Четвртак	Петак
1.	А	Б	В	А	Б
2.	В	А	Б	В	А
3.	Б	В	А	Б	В
4.	А	Б	В	А	Б
5.	В	А	Б	В	А

Табела 3. *Примена heijunka алата*

Због свих ових, али и великог броја ненаведених разлога овај алат је неопходно користити. Пример правилно распоређене производње дат је у табели 3.Кроз табелу можемо приметити како се елементи А, Б и В наизменично смењују у току радних сати и дана. Овакав приступ формира сигурну и лако предвидљиву шему производње, а резултати су смањивање оптерећења по раднику, значајно смањење прекомерне производње, као и могућност прилагођавања услед ванредних ситуација и потражње на тржишту.

Постоје и друге методе описивања heijunka алата. Табеларни модел може се окарактерисати као најегзактнији, али морамо имати у виду и представу визуелног менаџмента, који се помиње и кроз темељ lean куће.

Сликовитим приказом можемо објаснити овај алат на најбржи могући начин. Исти пример, приказан на другачији начин – графички, дат је у наставку текста.

Слика 6. *План производње без heijunka алата алата*

Као што можемо да видимо, без реорганизације производње, најтраженији елементи се одрађују 5 дана у недељи, док се мање захтевни одрађују само у току друге половине једног радног дана. Недостаци ове производње наведени су у ранијем тексту, а након увођења поменутог алата производња ће изгледати овако:

Слика 7. *Производња након реорганизације*

Увођење heijunka алатазахтева планирање одређеног периода производње. Период производње подразумева креирање вредности и свих тражених елемената, укључујући и време потребно за промену алата, као и очекиване паузе и шкартове. Овај алат може се срести у другом облику, а то је кроз скраћеницу E.P.E.X. (Every Part Every X, у некој литератури се може наћи и скраћеница E.P.E.I, где I означава интервал), где је X представљено као променљива и њене вредности су дате у броју недеља. Променљива зависи од капацитета производње.

Главна поента ове методе је да се стандардизује број елемената који треба произвести у току одређеног периода и тог стандарда се сви морају придржавати, како би се остварила профитабилност и конкурентност на тржишту. Са друге стране, на овај начин сви запослени могу бити у току колико су заправо урадили делова и колико је још делова потребно.

Поред heijunka алата, постоје и пропратни елементи који чине темељ. То су стандардизовани процеси, визуелни менаџмент и сама филозофија lean-а. Стандард се дефинише у виду правила која морају бити испоштована како би се комуникација и производња одвијала на најефикаснији могући начин. Стандард може бити дат у виду димензија и квалитета, али и свих осталих квантитативних вредности једног елемента, процеса или саме политике организација. Стандарди могу бити и интерни, односно, могу се односити искључиво на ентитете унутар једне организације. Интерне стандарде никако не треба имплементирати при комуникацији између две компаније, јер врло лако може доћи до неразумевања.

Стандардизовани процеси представљају операције које се изводе по унапред устаљеним правилима. Оператеру, као и раднику у организационом сектору и менаџменту потребно је представити начин рада ког се мора придржавати. Циљ је очигледан – повећање ефектности и ефективности предузећа, као и смањење појаве шкарта. Стандардизовани рад представља резултат стандардизованих процеса и он представља принцип дефинисања, усвајања и описивања јединог прихватљивог начина да се изврши одређени процес, активност или задатак. Стандардни рад подразумева претварање корака процеса у низ појединачних задатака у којим има минимално активности које не додају вредност и који се извршавају према одређеном редоследу.[2]

Активности који не додају вредност представљају једну од три врсте активности, који ће представљати суштину овог рада и бити детаљно објашњени у његовом главном делу.

1.3.3. Визуелни менаџмент

Визуелни менаџмент има задатак да побољша организационе карактеристике повезивањем и упоређивањем елемената једне компаније: организационе структуре, најбитнијих циљева и њихових вредности, као и однос са другим системима управљања, радним процесима, организацијом радног места и стејкхолдерима.Он користи више различитих техника како би приказ процеса у предузећу био видљив свима и на тај начин запослени били упућенији у свеобухватни рад.

Такође, технике које се користе јасно нам показују шта треба поправити, а шта евентуално елиминисати, како би се побољшало пословање.

Доказано је да човеково чуло вида црпи највише информација из окружења (75% чуло вида, 13% слуха и 12% додира), што је и довољан разлог за примену ових техника.Разлог за имплементацију визуелног менаџмента је тај што се на овај начин могу најједноставније представити одређене информације. [2]

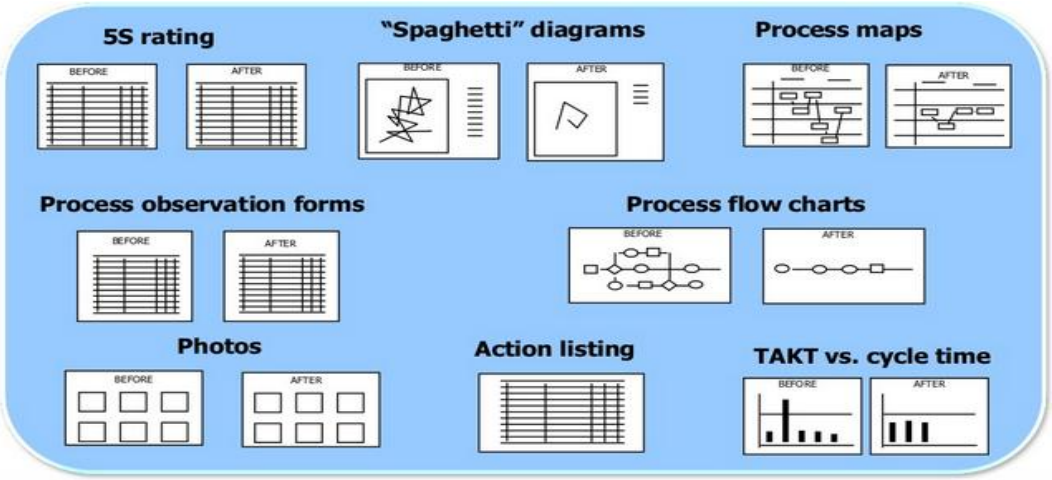
Најбољи пример визуелног менаџмента је алат 5S, о ком ће бити речи касније у раду.

Постоје одређене технике које се грешком сматрају примерима визуелног менаџмента. Постављање екрана или графика како би се оставио утисак на кориснике и посетиоце није представа визуелног менаџмента, као ни фарбање зидова само из разлога да не буду бели или *празни.*

Визуелни менаџмент нам у секунди приказује:

- Процесе који су обављени на добар начин
- Грешке у процесима
- Постигнућа компаније у претходном приоду
- Елементе које је потребно довршити
- Евентуална кашњења
- Ресурсе, алате и опрему
- Материјале
- Норме и теоријске основе, као и тражене резултате[7,8]

У наставку су дати неки од примера визуелног менаџмента.



Слика 8. *Примери примене визуелног менаџмента*

На датом примеру можемо видети неколико техника које се могу представити на овај начин. Сви ови процеси приказују тренутно стање, за које нам је потребно само пар секунди да схватимо о чему се заправо ради, да ли је пословање добро или не, као и шта треба преузети да би се ситуација поправила.

Поред оваквог типа престављања, примери се могу наћи и у другим деловима редузећа, као што је приказано на наредним сликама:

Слика 9. *Примена визуелног менаџмента у сектору безбедности и здравља на раду*

Прва слика представља компресор на пумпи на ком је примењена ова метода. Зона обојена зеленом бојом представља сигурну зону које се треба придржавати. Једноставна скала омогућава запосленима да примете грешке, чак и са велике удаљености.

Без скале, само би оператери посебно обучени могли да утврде да ли је притисак или температура задовољавајућа.

На другој слици можемо приметити индикатор за ниво уља. Наравно, овакве скале се могу применити и за било коју другу врсту течности. Постављање зелених и црвених шара на скали помаже оператеру да брзо уочи да ли је потребно долити или одлити уље.

Трећа слика се у пракси наређе виђа, а њена сврха је да наводи колико је потребно затезање елемената система за погон. Коришћењем црвене и зелене боје за блокове, лако се може уочити када је потребно да се ланац затегне, а када отпусти или замени услед замора материјала.

На самом почетку темеља прве верзије lean кућице, налази се филозофија lean-а. Филозофија представља основни појам читавог система. То је најбитнија ставка, јер се овај начин размишљања не користи само у производњи и њеној организацији, већ се може применити на свакодневни живот. Резултат овог размишљања је стварање и повећање флексибилности у читавим системима.

Флексибилност карактерише одговарање на захтеве купаца у најкраћем могућем року без кашњења и било каквих застоја у производњи. Када бисмо упоредили традиционалну производњу, односно масовну, серијску и појединачну са lean производњном, можемо приметити да је читава производња у lean-у оријентисана на купца, а главне карактеристике су тежња елиминацији губитака и редовно усвршавање и тренинзи запослених. Поред ових, савремена производња има веома велики број неслагања са традиционалном.

Приоритет у традиционалној производњи је постићи што боље резултате. Када се мало више анализира овај случај, можемо приметити да се на овај начин процес може усавршити, али му и даље недостаје флексибилност. При минималној промени радних услова или тржишта, фирме се могу наћи у веома великом проблему. Зато се lean производња фокусира на саме процесе и њихово унапређење. Унапређењем самих процеса унапређење резултата је неупитно.

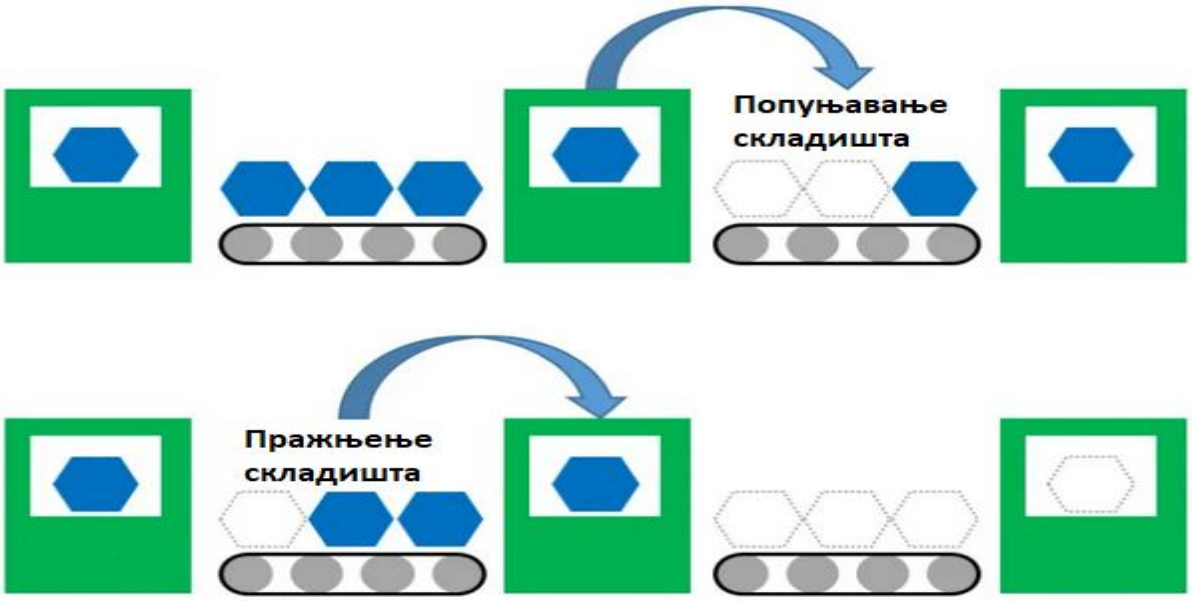
Промена *push* система у *pull* показала је су раније покретачи производње и наручиоци били послодавци, односно менаџери пословања. Данас је купац на првом месту и он је фигура од које све зависи. Зато се он данас сматра за иницијатора производње.

Промена система условила је још једној јако битној измени. Произведени елементи који су раније били складиштени у виду залиха чували су се са циљем да буду продати, измењени или како би послужили као модел. Данас је циљ да се залихе потпуно елиминишу. Временом се показало да те залихе представљају само непотребан трошак ресурса, репроматеријала, као и плаћеног рада.

1.3.4. FIFO линија

Ова филозофија донела је многе технике које служе смањењу серија у производњи. FIFO линија (First In First Out) је једна од техника које то доказују, а њен принцип је смањење нагомилавања материјала у производњи. Комади улазе у производњу један по један и тако и излазе.Принцип ове методе је да се комади који се први заврше – први и продају. На овај начин елиминисан је концепт уског грла, који је представљао велики проблем у традиционалној производњи.

Овај тип организације производње представља јако једноставан начин одређивања тока материјала, као и тока информација. С обзиром на то да се јако ретко дешава да процеси имају исто време циклуса (такта), процеси који се одвијају брзо морају да сачекају на извршење споријих процеса. На овај начин долази до формирања уског грла. Без обзира на количину произведених елемената, ова појава остаје непромењена и увек је евидентно да ће се догодити.



Слика 10. *Приказ FIFO линије*

У теорији, процес који се најспорије одвија никада не мора да чека да се претходни процес одвије. Међутим, у пракси може доћи до успорења и застоја линије и на тај начин се ипак може демантовати претходна теорија.

Како би се то избегло, могуће је поставити складиште између два процеса. Следећа ставка је да се утврди који је процес спорији. У складишту након споријег процеса радна смена мора почети са једним готовим делом, спремним за следећи процес, како не би постојало чекање.

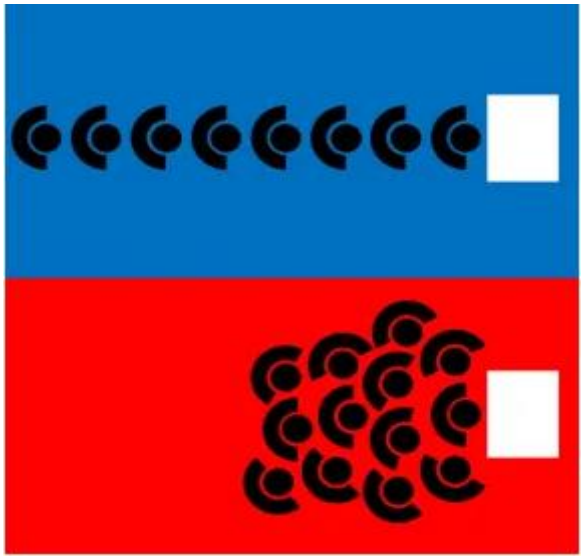
У зависности положаја најспоријег процеса, дата су два примера. У првом примеру најспорији процес се налази на крају производног циклуса. Процес у средини тада најпре избацује производе у складиште које је дотада празно. Други пример је када имамо најспорији процес на крају и тада процес у средини најпре празни складиште које се налази пре њега. [9] Како би ова ситуација била још ближе објашњена, дат је графички приказ:

Како би се овај тип производње успешно одржао, потребно је испратити одређена правила.

Постоје два правила која треба испоштовати:

Прво правило је да ниједан комад не сме заузети место другог комада, односно да ни у ком случају не треба вршити нову прерасподелу, без обзира који су разлози за то. Први комад који улази у складиште је уједно и први комад који из њега излази. Овај ред се мора одржати до самог краја производње. Ниједан други комад не сме се наћи на путу. Такође, никако не сме доћи до истискивања једног комада због другог, услед неправилног пребацивања места.

Разлог за одржање овог закона је да се избегне спутавање непрекидног тока производа. Оно што је јако битно у lean производњи је постојаност континуалног тока материјала. Уколико комади мењају места, самим тим се продужава и време застоја. Застој може бити веома кобан по производњу, јер се може догодити и да комад закасни на испоруку, или да промена тржишта покаже да је због кашњења производ изгубио своју вредност.



Слика 11. *Илустрација из књиге Исток упознаје западну културу, Како стајати у реду, Јанг Луи*

Практично, можемо замислити ситуацију где чекамо у реду за касом у супермаркету. Када видимо колико људи чека ред испред нас, можемо проценити оптимално време чекања. Уколико би неко покушао да уђе преко реда, то би повећало наше време чекања. Замислимо да свака трећа особа жели да уђе преко реда и јасно нам је да је наше време чекања порасло вишеструко. Слична ситуација се може догодити и у саобраћају. Иако материјали и елементи не могу изазвати проблем услед чекања, њихови купци свакако могу. Овај проблем описан је у књизи *Исток упознаје Западну културу* аутора Јанг Лиуа, а илустрација из књиге дата је у наставку. [8]

Други закон који важи је дефинисање капацитета линије. Овај фактор се мора јасно утврдити и вредност се углавном добија путем формуле, али се може утвриди и експериментално, што треба избећи уколико је могуће. Треба поставити горњу границу након које ће се складиште сматрати пуним, након чега не сме бити више места за нове елементе и тада се зауставља претходна производња. Када линија достигне горњу границу, сви процеси који се догађају пре ње морају стати.

Са друге стране, не постоји утврђено правило за минималан капацитет. Он може бити чак и једнак нули. Ако елементи у складишту не постоје, процес који следи након складишта треба зауставити.

Разлог за постојање овог правила је спречавање прекомерне производње. Она представља један од 7 главних извора непотребних трошкова и према теорији 7 трошкова, ово је највећи постојећи трошак. Уколико дође до прекомерне производње, систем почиње да се преоптерећује у сваком смислу. Сви процеси постају доста спорији, трошкови расту, време циклуса такође расте и тај систем никако не можемо сматрати lean системом.

Као и свуда, постоје правила која се морају стриктно поштовати, али ту су и правила које је потребно прекршити у одређеним ситуацијама. Правила која дају смисао FIFO линији су наведена. Ипак, постоје ретке ситуације које захтевају кршење правила. Уколико постоји жеља и коректни мотиви да се ова правила прекрше, онда треба добро размотрити читав систем и бити свестан чињенице да се могу догодити проблеми који се не могу наслутити, док до њих не дође. [9]

Када говоримо о предностима које овај тип прозводње доноси, најпре треба поменути то да постоји унапред дефинисан ток материјала. На тај начин се избегава прекомерна производња и притисак на читав систем производње, због чињенице да производња стаје чим семаксималан капацитет оствари. Због тога можемо тачно знати време за које ће производи бити завршени и спремни за даљи транспорт.

Постоји континуални ток материјала. Захваљујући горњој граници линије, није могуће претоварити систем. Са друге стране, уколико је то захтев тржишта, могуће је реаговати на промене. Постигнути резултати и елементи који су у процесу формирања су на сигурном. Свих 7 извора трошкова је смањено на минимум, чиме се постиже висок ниво ефективности.

Још једна велика предност овог типа производње је аутматско дефинсање протока информације. Основни принцип је имплементација pull система, тако да оператеру који обавља процес који следи није потребно објашњавати и давати нарочите напомене, већ ће он добити сва упутства од радника на претходном процесу уз радни комад који добија.

Овај принцип нам помаже у сфери менаџмента, јер не мора постојати надређени који ће давати упутства сваком оператеру понаособ. Најбитније је преконтролисати први процес у FIFO систему, а након тога ће остали процеси ићи неометано својим током. За овакав тип рада неопходне су Kanban картице, о којима ће бити реч у наставку рада.

Последња у низу предности FIFO линија је усавршавање визуелног менаџмента. У оваквом систему јако је једноставно уочити када је линија преокупирана, или потпуно празна. На основу тога можемо лако закључити у каквом је стању наш производни систем и лако се може уочити у којој тачки се ствара проблем уског грла. Уколико запослени или менаџмент примете да је линија често окупирана, или празнија него што би требало да буде, лако се може спровести истраживање и анализа зашто и да ли је могуће средити овај проблем пре него што постане погубан за компанију. Овај принцип нам даје ширу слику о производњи и у секунди приказује да ли треба реаговати.

FIFO линије представљају прави резултат lean филозофије, јер се баве још једном темом која има различите приступе у традиционалној и lean производњи, а то је величина серије током производње. Традиционални приступ заснивао се изради великих серија, јер је принцип био производња све док трају ресурси и циљ је био произвести што више комада из једне серије. Са друге стране, lean приступ се заснива на производњи малих серија. Овај принцип се у пракси показао као доста учинковитији.

Нулта серија у традиционалној производњи служила је као показатељ квалитета производа и организације. Након тога, квалитет је био контролисан само на излазу и то тако што се узимао један пример као модел за читаву серију, или у случајевима контроле сваког комада, она се није радила детаљно. Када је реч о малосеријској производњи у lean-у, комади се контролишу најпре на свакој станици, применом jidoka система, а затим и у центру за контролу квалитета. Сваки комад мора бити детаљно проверен, јер се израда шкарта сврстава у један од 7 највећих губитака фирме.

Поред спречавања израде комада са грешком, овај принцип омогућава нам и повећање флексибилности. Уколико је се израђују комади у великим серијама, прекид производње након што се појави шкарт може коштати пуно, док са друге стране настављање производње неисправних комада не представља бољи сценарио. Зато се у току малих серија овај проблем лако отклања и губици се смањују. [10]

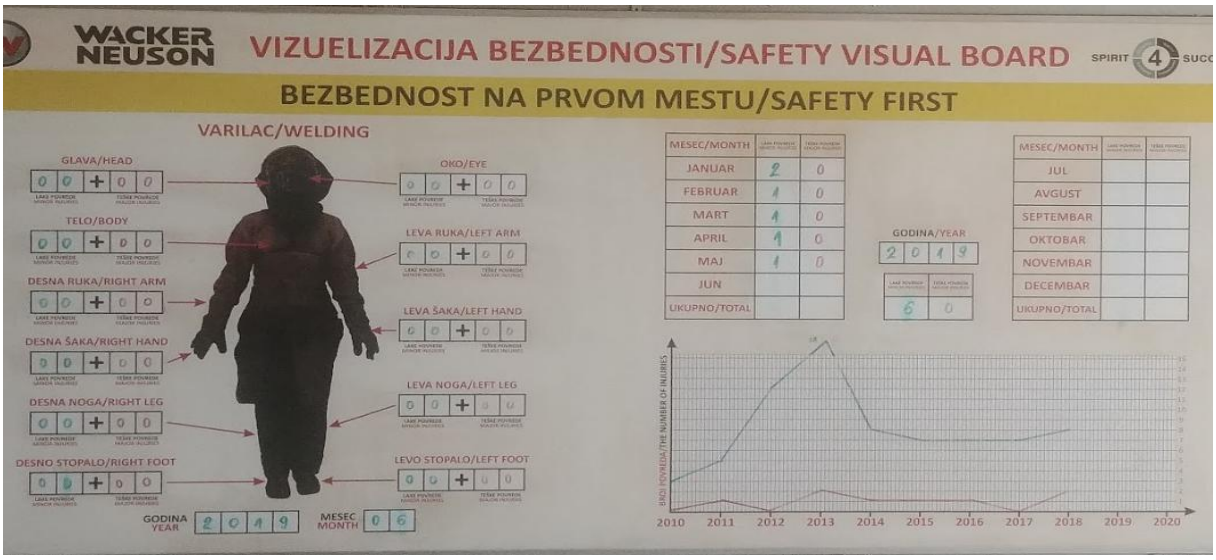
Постоји још један проблем који се отклања на овај начин. Повећање флексибилности означава да се производња у потпуности може прилагодити захтевима тржишта, без обзира на комплексност комада и положај запослених и машина у тренутку промене на тржишту, док код великих серија ово није могуће. Раније се сматрало да треба завршити читаву серију, а затим би ти комади завршили у складишту као залихе. Када ову ситуацију посматрамо данас, овакве залихе се могу продати у одређеним ситуацијама, али је више вероватно да ће оне остати у складишту и заузимати место као вишак материјала, који купцима није више потребан.

Читвај овај систем све време је везан за филозофију предузећа. Пословна култура која се спроводи директно је зависна од ње. У традиционалном приступу систем се сводио на решавање проблема, док се у lean-у тежи њиховом спречавању пре него што се појаве. Овде наилазимо на нове термине који су уведени појавом lean-а.

Решавање проблема може се сврстати у три групе: превентивно, реактивно и проактивно решавање. Превентивне мере представљају најбоље решење за сваки проблем. Оне се базирају на анализи и разматрању на основу претходних искустава, како би се спречио проблем пре него што се појави. Превентивне мере јесу најбоље, али је понекад тешко утврдити шта представља ризик и могућу опасност. За овај тип припреме, потребно је доста времена и анализе, а некада се овакве мере могу предузети само захваљујући искуству експерата. Такође, под превентивне кораке подразумева се и подизање свести код свих запослених појединачно, као и презентација прописа и стандарда система безбедности и здравља на раду. Технике за подизање свести могу бити разноврсне: визуелна демострација инцидената и акцидената у виду слика, видео записа или симулације, упозоравање запослених, класичне методе предавања и тестова.[11]

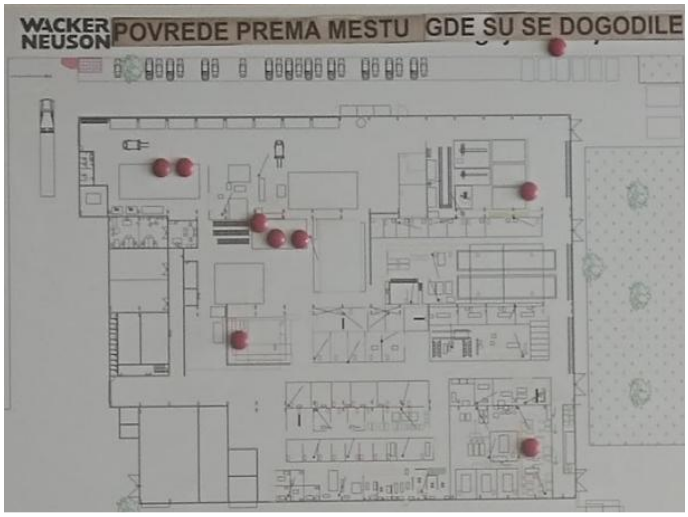
Други тип решавања проблема је проактивно решавање. Оно се своди на решавање проблема уништавањем корена самог проблема. Овај начин решавања служи се анализом и искуством, али се може предузети и на самом почетку стварања проблема. Проактивно решавање се најчешће извршава у неколико корака. Разлог за то је што се овакво суочавање са проблемом своди на подизање нивоа безбедности у читавој компанији, као и на анализу инцидената, где је највећа пажња посвећена случајевима који су били близу стања инцидента услед небезбедних поступака запослених.

На трећем месту налазе се реактивни поступци при решавању проблема. Они се своде на решавање проблема након што до инцидента дође. Традиционално пословање обучавало је људе само за овај тип поступака. Међутим, временом се показало да је потребно увести још ова два поступка, како би се повреде смањиле на минимум. Реактивни кораци подразумевају анализу акцидената и инцидената, као и спровођење корективних мера како би се оне неутралисале.



Слика12. *Приказ статистике у оквиру безбедности и здравља на раду унутар фирме „Wacker Neuson“*

Ризик не можемо уконити, већ само смањити, али опасност је нешто на шта свакако можемо утицати , а често и елиминисати. Уклањањем опасности, ризик од повреда и инцидената опада, што је главни циљ у сектору безбедности и здравља на раду.Због тога је потребно имати сва три принципа решавања проблема. У савременом сектору безбедности и здравља на раду предвиђено је да се, уколико се наиђе на проблем, најпре реагује и санира проблем.



Слика 13. *Мапа повреда на раду*

Затим је потребно изанализирати читаву ситуацију и порадити на превенцији, како не би дошло до њене поновне појаве. Након пар корака превентивног рада, треба се позабавити и проактивним корацима, у виду креирања тимских задатака. Потребно је организовати састанке на којима ће се дискутовати о безбедности и новонасталом примеру, као и изношење ставова и сугестија како их спречити.

Пример за сва три типа решавања може се свести на ситуацију појаве грипа или вируса. Бактерија која изазива грип представља опасност. Превентивна мера представља вакцинисање пре саме појаве вируса или грипа, како би се осигурала безбедност особе којој вирус прети. Делимично превенивни корак била би терапија пацијента након појаве првих симптома, како се болест не би развила у организму.

Проактивна мера била би уништавање корена проблема, односно уништавање извора бактерије (нпр. извор бактерије је у води за пиће, која није прочишћена; потребно је прерадити ту воду или додати елементе који би је елеминисали). На самом крају овог ланца налази се реактивна безбедносна мера, која представља одлазак у болницу и лечење новонастале болести.

Слика 14. *Сигурносни зелени крст као алат у области БЗР-а*

Из овог примера јасно је да је много велики ризик при решавању проблема у реактивној фази. Људски живот се може наћи у великој опасности. У случају да ситуација није толико опасна, али ипак захтева хоспитализацију, фирма ће имати једног радника на боловању, што представља директан трошак за читаву организацију.

Један од корисних принципа који се могу искористити у случају ширења свести и порасту превентивних мера је метод модел зоне.

Модел зона представља ентитет који садржи одређен број радника, или одређено одељење на које се примењују нова правила која морају бити уведена у читавој фирми. Затим се модел зона посматра и анализирају резултати и учинци унутар ње. Уколико се она покаже као успешна, све што треба урадити је применити исти модел на следећу зону.

Овај корак се назива још и зона ширења. Крајњи циљ је претворити читаву фабрику у малопређашњу модел зону. Основна филозофија модел зоне подудара се са каизен принципом. Промене се дешавају постепено и на тај начин сви запослени имају времена да се прилагоде. Овај модел се може применити на сваки сегмент фирме, без обзира о ком унапређењу или промени правила је реч. Безбедност је свакако најбољи мотив за примену модел зоне и то из два разлога.

Први разлог је што се безбедност у lean систему поставља на прво место и најзначајнији је у сваком погледу – од очувања људских ресурса и добрим односом са радницима, све до уштеде и максималног искоришћања и ефективности овог ентитета.

Кроз праксу се показало да су запослени веома неповерљиви према безбедности и здрављу на раду и потребно је мотивисати их, како би прихватили одређена правила у овој области. Правила која се постављају у овој сфери радници веома често заобилазе, те је потребно постепено уводити их, како би фактор безбедности био на првом месту сваком појединцу у фирми. Путем модел зоне лако се могу индетификовати проблеми, као и разлози због којих долази до сукоба запослених са првилима у овој сфери.

Спречавање проблема могуће је из разлога што је пре његове појаве у било ком облику, потребно установити начин размишљања који се на проблеме односи. Овај приступ можемо и назвати и третманом проблема. У претходном делу рада било је речи о спречавању његовог настајања, зато што је филозофија lean производње базирана на превентивном и проактивном приступу. Међутим, на овај начин се појава проблема своди на минимум, али се не може елиминисати. Када то проблема дође, битно је поступити по одређеним правилима која су унапред одређена.

У стандардној производњи када проблем настане, углавном се све своди на тражење кривца, како би се комплетна ситуација анализирала и пронашли најбољи начини за повратак у оперативно стање система. Овај приступ се показао као доста успешан, јер када се пронађе кривац, лако се налази и решење. Међутим, није у свакој ситуацији овај принцип учинковит, а још један разлог је што може доћи до конфликта или неког већег сукоба, што може резултирати јако лоше.

2. Увод у Lean, појам и развој Lean-а

Читава нова филозофија Тојотиног Продуктивног Система донела је низ великих промена које су се показале као веома успешне. Овакав начин размишљања довео је до великог унапређења Тојоте, која због тога и дан данас има статус најбоље фабрике аутомобила на свету. Истраживања су показала да је Тојотина позиција на самом врху устаљена већ дуги низ година. Постоје подаци који говоре да је Тојота претходне године произвела и продала преко 8.5 милиона возила. Испод ње се налази Фолксваген са 2 милиона продатих возила мање. Ово је јасан показатељ колико је заправо стабилан и ефикасан њихов систем производње. [13]

Због свих ових разлога било је неопходно да се знање о овом систему прошири, и на остатак света, те су 1992. године два професора са М.І.Т-а, Џејмс Вомак и Данијел Џоунс написали студију „Машина која је променила свет“ и у њој доделили адекватан термин за овај систем пословања – *Lean*, што у буквалном преводу значи танко, мршаво. На овај начин су хтели да објасне велику флексибилност и гипкост система, који се лако прилагођава променама у веома кратком временском интервалу. Треба напоменути да је lean заправо исто што и TPS који је прилагођен Западу и његовом тржишту. Такође, термин lean је додељен и због тога што се за процесе производње:

→ користи мање материјала
→ захтевају мања улагања
→ користи мање опреме
→ заузима мање простора
→ захтева мање радне снаге[14]

Овај тип производње има свој дефинисани ток, у циљу смањења неочекваних ситуација, али и проблема који су чести у свакодневној производњи. Разлог зашто је *Lean* толико битан је што се његова имплементација не заснива само на увођење алата и метода концепта, већ је циљ утицати на запослене и потпуно променити њихову свест, како о раду, тако и о генералном приступу животу. Људски ресурси су све чешће тема у савременом пословању, јер постоји страх да машине преовладају и постоји стрепња да се човек потпуно подреди машини. Због тога, треба највећу пажњу посветити запосленима, што доноси вишезначну корист, а на крају резултира повећањем самопоуздања и самим тим омогућује рад без стреса. Када је радник сигуран, он добија додатну мотивацију за рад, што је потврђено вишегодишњом праксом и тако обе стране добијају. [15]

Према мишљењу проферсора Џ. Вомака и Д. Џонса, lean принцип у производњи односи се на елиминацију свих типова губитака. Губитак се дефинише као активност која не доноси вредност производу/услузи. Вредност сваког производа дефнисана је искључиво од стране купца.

Поменута дефиниција се приписује овим професорима, мада се не могу сматрати творцима. Наиме, ова дефиниција настала је у Тојоти, још средином 20. века, као и све дефиниције везане за губитке који се у пасусу изнад помињу.

Тојота је развила свој систем средином прошлог века и наставила је да се унапређује и дан данас. Након књиге „Машина која је променила свет“ 1990. године амерички експерти издвојили су шта је све потребно променити у процедури стандардног пословања и производње. Како би уштеделе време и новац, америчке корпорације решиле су да се посаветују са колегама из Јапана, како би им они пренели знање и искуство у производњи. Америка је имала проблем са развојем, јер је у другој половини 20. века настала велика криза везана за нафтне ударе и рецесију широм континента. Са друге стране, Јапан је преживео две велике катастрофе у Другом светском рату, када је читава држава била потпуно разорена и економски уништена. Американци, који су и били главни носиоци катастрофе у Јапану, увидели су да се Јапан и поред потпуне деструкције подигао у финансијском смислу, што говори потражња на тржишту за њиховим производима.

Из ових разлога Американци сада нуде сарадњу Јапану, како би успешно имплементирали Тојотине принципе у фабрици и на тај начин постали конкурентнији на тржишту. Јапан одговара на позив и амерички, али и понеки европски стручњаци одлазе у Јапан, како би размотрили ситуацију и скупили што више информација. Поменути професори Џ. Вомак и Д. Џонс су били чланови ове експедиције и чувену књигу написали су управо захваљујући знањима стеченим у Тојотиној фабрици.

Оно што разликује јапански и Западни принцип пословања своди се на филозофију и начин живота. Тојотин Продуктивни Систем уско је повезан са јапанским менталитетом, културом, производном праксом и ослања се на карактеристичне услове живота у том делу земљине кугле. Због тога је читав систем морао мало да се промени, ради прилагођавања Западним манирима, али је костур и сама идеја остала иста.

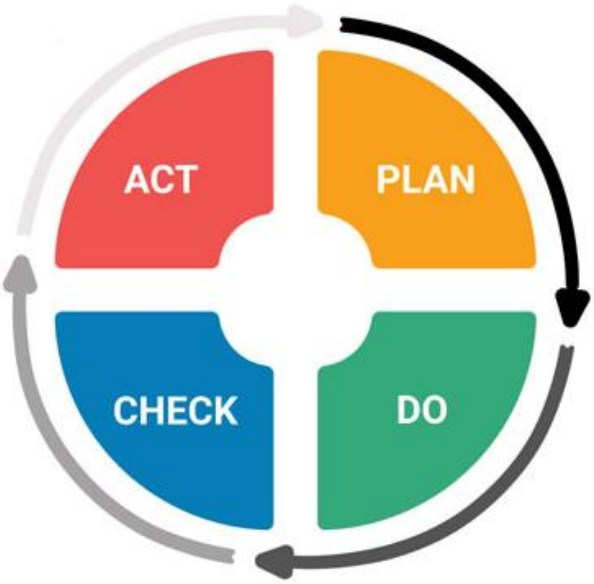
2.1. *PDCA* циклус

Јапански стручњаци довели су Тојотин производни систем до савршенства, а оно што је допринело развоју Западног система угледајући се на Јапан су алати који саму идеју унапређују.

У овом случају, реч је о циклусној методи која служи унапређењу једне организације. Њен творац је Волтер Шјухарт, који ју је осмислио тридесетих година XX века. Међутим, у литератури се овај циклус приписује др. Едвардсу Демингу и другачије се назива Демингов циклус. Овај модел има задатак да опише на који начин је потребно размишљати како би дошло до побољшања једног процеса или читавог система. Такође се користи и приликом вођења пројеката побољшања или за развијање специфичних пројеката након што се индетификује предмет побољшања.

Циклус је представљен као динамички модел, што значи да се у случају обављања једног циклуса одмах покреће следећа фаза. Циљ је континуално побољшања квалитета и с тога је потребно процесе редовно анализирати и на крају једног циклуса може се почети са новим тестирањем квалитета.

Овај циклус је толико битан јер се увек може искористити нешто из претходно обављеног циклуса како би се стечена знања пренела и на нови започети циклус, који може бити сложенијег карактера. На слици бр. 11 дат је приказ *PDCA* циклуса какав се најчешће виђа у литератури и свету организационог планирања.



Слика 15. *PDCA циклус*

Као што је на слици приказано, сваки циклус се састоји из 4 фазе и свака је подједнако важна за остварење циља. Веома је битно испоштовати редослед операција, јер у случају неправилног распореда може доћи до потпуно погрешне представе и илузије напретка, што након дужег периода може резултовати нагомилавањем проблема. [16]

Прва фаза је планирање (*Plan)*. Ова фаза се односи пре свега на планирање промене или тестирања појаве у циљу побољшања. Потребно је анализирати све ентитете које је могу имати утицај на операцију или систем. Главни захтев је потрага за елементима које је могуће променити уз најмањи утрошак енергије и ресурса. Први корак је одабир подручја које нуди најбоље резултате имајући у виду напоре које треба предузети. До тога се може доћи веома лако – треба поставити питање где треба уложити ресурсе како би организација постала профитабилнија. За анализу профитабилности саветује се коришћење Мапирања тока вредности или Парето дијаграм (*ABC* класификација*)*.

Друга фаза – Уради (*Do*), одоси се на примену испланираног унапређења. Ова фаза подразумева уношење промене у систем, које је пре тога испраћено у теорији. Такође је могуће урадити тест који се односи на одређену активност и одмах прећи на следећу фазу. Промене у овој фази не морају бити велике, али је битно да буду континуалне и да се циклус понавља. Уколико нисмо сигурни у успех унапређења, обавезно је консултовати се са запосленима или литературом. У случају да је потребна промена из корена или промена великих размера, препоручује се примена модел зоне, о којој је раније било речи.

Трећа фаза се односи на проверу (*Check)* добијених резултата. Изводе се закључци на питања: шта је научено? шта није у реду? шта треба поправити и како? Ово је најзначајнији корак читавог циклуса. Након што је имплементирана промена, читав систем се изменио за кратко време и мора се пажљиво пратити да ли је то оно што смо очекивали и да ли је систем у бољем стању него што је био. Треба утврдити који су кључни индикатори перформанси битни за који део система и квантитативно оценити промену. На овај начин добија се егзактан закључак о промени. Још један разлог зашто је ова фаза значајна је што се искуство и знање доводе у први план. Стручњаци који се разумеју у читав систем могу тачно одредити који су то индикатори битни, да ли су добијене вредности у зони толеранције, на шта треба нарочито обратити пажњу и сл. Графици и дијаграми у овој фази су најбољи начин презентације резултата.

Четврта и последња фаза циклуса је деловање (Act). У овој фази предузимају се све мере за побољшавање добијених перформанси, у случају да је то неопходно. Када се изврши анализа промене у претходном делу, следи процес одлучивања. Прихватање промене, одбацивање или поновни пролазак кроз читав циклус су опције. Након планирања промене, имплементирања и контроле, сада треба одлучити да ли је вредно наставити са њом. Могуће је да она одузима превише времена, превише је сложеног карактера, није довела до икаквог побољшања и сл, мора се размотрити одбацивање ове промене и планирање нове. Ово нас одмах води у нови циклус и креће нови процес планирања. Међутим, ако је промена довела до жељених резултата, треба размотрити примену на читав систем, или на модел зону. Друга варијанта је повећање сложености ове промене, што нас опет води у нови циклус путем планирања.

У сваком случају, какав год исход на крају био, овај циклус се неминовно понавља. Тада се јавља нови термин – *Косина побољшања.*

Слика 16. *Косина побољшања*

У теорији, косина побољшања подразумева да су све промене донеле добре резултате и да се новим планирањем промена усложњава. Овај непрекидан процес је интегрални део већег система непрекидног процеса побољшања. Скица косине дата је у наставку. [16]

Како се Демингов циклус показао веома успешним, 1994. године долази до нове методе која има за циљ унапређење основног *PDCA* циклуса. Новији циклус има исти циљ као и стари, једина измена је што се мења трећа фаза која се обележава са *S (study).* Постоје два разлога за ову измену. Први разлог лежи у самом значењу речи *Check,* која се може схватити и као задржавање услед несигурности. Други разлог је тај што ова промена сугерише да је потребно додатно обратити пажњу на читав процес и „простудирати“ га. У суштини, ова мала промена нема великог значаја у пракси. Једина разлика је што подразумева стицање још више нових знања него што се раније захтевало. [17]

2.2. Седам губитака у производњи

Lean се може посматрати и као алат за одржавање баланса између иновација и профитабилности унутар једне организације. Оно што чини костур ове куће је принцип помоћу ког се могу смањити губици и повећати ефикасност производних процеса. Lean дефинише седам губитака који се морају отклонити, или смањити на најмањи могући ниво. Ове губитке можемо приметити у било којој делатности и уколико не обратимо пажњу на то колио се заправо времена и ресурса троши на њих, они ће бити неминовни. Најпре је потребно препознати их. Разврставају се на седам основних и то су:

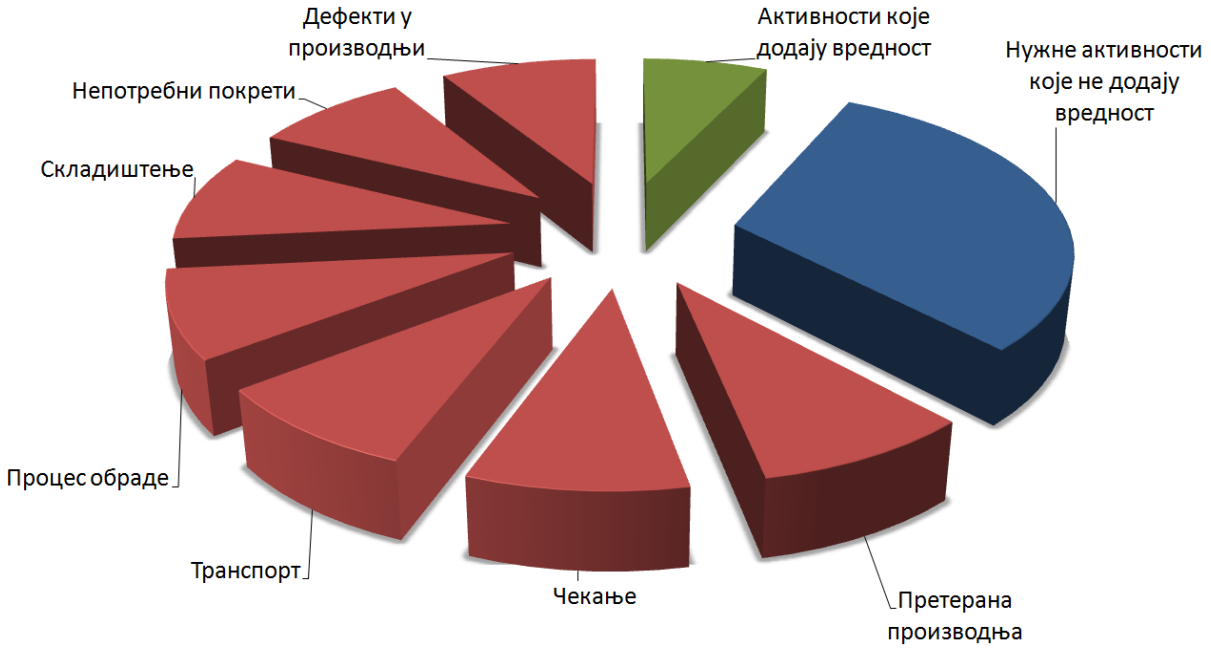
1. Прекомерна производња
2. Транспорт
3. Чекање и застоји
4. Прекомерна обрада
5. Залихе
6. Непотребни покрети
7. Шкарт

Професор Вомак помиње још један, осми губитак и он се односи на израду производа или услугу која не представља у целости оно што је купац/корисник очекивао. Неки аутори додају још један губитак, а то је губитак услед неуспешног искоришћења људских способности. Јасније речено, овај губитак се јавља у случају када запослени не разуме у потпуности шта се од њега очекује и читав поступак операције изводи непрописно. Универзитет из Кардифа својим истраживањем уврстио је још 8 нових принципа губитака. [18]

Да би организација лакше остварила ефикасност производње, ових 7 губитака потребно је анализирати појединачно. На самом почетку потребно је објаснити и класирати активности унутар организације. Активност представља део процеса који подразумева обављање једне радње која се понавља у току времена. Ова радња може се састојати из једног или више покрета, а активност можемо препознати као одређену промену унутар радног места.

Активности се могу разврстати на оне активности које додају вредност производу, на оне које не додају вредност производу и на активности које је немогуће елиминисати, иако оне не додају вредност. У литератури трећу групу називају и нужним активностима које не додају вредност.

Прва врста активности, односно оне које додају вредност производу, представљају основу сваке организације. Ове активности представљају моменат када се производ/услуга ствара. То може бити заваривање уколико је реч о производњи металних конструкција и елемената, уношење кода у програмерској или процес фенирања у услужној сфери. Ови примери, иако звуче веома упрошћено, морају бити наведени на овај начин. Разлог за то је што се у lean филозофији анализом долази до најситнијих елемената, јер од њих све почиње. Анализом сваког дела процеса добијамо најсавршенији и најефикаснији начин рада у теорији. Када се теоријски костур добро осмисли, потребно је да се у већој или мањој мери имплементира у пракси.



Слика 17. Врсте и подела активности

Другим речима, активности које додају вредности могу се објаснити као оне активности за које је купац или корисник у случају услуге, спреман да плати. Ове активности мењају производ, његову функцију и форму, како би се ресурси претворили у финални производ који је потрошач спреман да плати. Ове активности траже стопроцентну ефективност и придржавање захтева из првог покушаја, иначе се активност сврстава у групу оних које не додају вредност.

Уколико није тако лако утврдити да ли одређена активност додаје вредност производу, постоје одређена питања чији одговори могу решити тај проблем:

- Да ли активност додаје форму или карактеристику производу или услузи?
- Да ли активност обезбеђује конкурентску предност?
- Да ли је потрошач спреман да плати више или смо ми његов први избор у односу на конкуренцију ако се обави та активност? [19]

Посматрајући читав низ процеса, утврђено је да активности које додају вредност производу чине веома мали део у односу на остале процесе. Да би се створила слика, тај део је у односу 1:10. Остатак чине остале две групе, како је приказано на графику.

Друга група активности су оне које не додају вредност. Основна особина ових активности је та да сама активност не мења форму или функцију одређеног ресурса. Због овога корсник није спреман да плати ту активност, што директно утиче на профит читаве компаније.

Да би активности које не додају вредност биле још разумљивије, потребно је направити разлику између два наизглед слична појма, а то су расипање и губитак. Губици су дефинисани у раду раније. Са друге стране, расипање означава трошење сировина, капитала, репроматеријала или било које врсте ресурса више од оптималног. У овом случају, ресурсе је потребно преусмерити на неку другу страну, или је потребно једноставно смањити њихов утрошак. Расипање се може дефинисати и као коришћење свега осим минимума опреме и алата, директног и индиректног рада, материјала, простора и енергије апсолутно неопходних да би се повећала вредност производа или услуге.

Као и код прве групе и код ове постоји група питања која одговара на захтеве класификације активности. Да би активност одговарала онима које не додају вредност, морамо се запитати да ли та активност укључује следеће: бројање, контролу, транспорт, кретање, чекање, складиштење, све кругове дораде и вишеструко потписивање.

2.2.1. Прекомерна производња

Уколико обратимо пажњу на дијаграм са слике 11, можемо закључити да су управо губици активности које не додају вредност производу. На првом месту (према графику) налази се претерана, односно прекомерна производња. Она означава производњу више него што је потребно, брже, или пре испланираног времена. У овај губитак сврстава се такозвана „производња за сваки случај“, чиме долази до гомилања непотребних залиха. Производња за сваки случај јавља се као последица лошег разумевање тржишта и пословања уопште.

Основни мотив за прекомерну производњу су страх да ће организација остати без производа и да неће имати шта да понуди тржишту. Такође, уколико дође до лоше процене при набавци ресурса, често се дешава да фирме користе стари модел пословања који се придржава идеје да треба производити док се не искористе сви ресурси. Још неки разлози за прекомерну производњу су стварање производа који нису (више) потребни тржишту, лоша процена тржишта, дуга времена промене алата и прекомерно издавање извештаја и администрације.

Последице прекомерне производње у пракси су се показале као најбројније:

- Све врсте губитака
- Капитал у залихама, непотребно заузет простор залихама
- Непотребно руковање материјалом
- Дужа проточна времена
- Недостатак материјала када се процеси користе за производњу шкарта
- Већи капацитет потребан када се производе производи пре него што за њима постоји тражња

Како би се прекомерна производња сузбила, потребно је пре свега извршити анализу производње на свим радним местима, јер се разлози за овај тип губитака најбоље потражити у *gembi* (фабрика – радно место).

2.2.2. Чекање

Други вид губитка је чекање. Оно се односи на сваки могући вид застоја и непотребног одуговлачења. Овај губитак је понекад немогуће предвидети, јер се може јавити велики број кварова који су непредвиђени. Да би се овај губитак свео на минимум, потребно је добро испланирати и изанализирати сваку машину, радно место и организацију. Уколико дође до застоја услед квара веома старе машине, велика је вероватноћа да се тај квар могао спречити јер се он могао и очекивати.

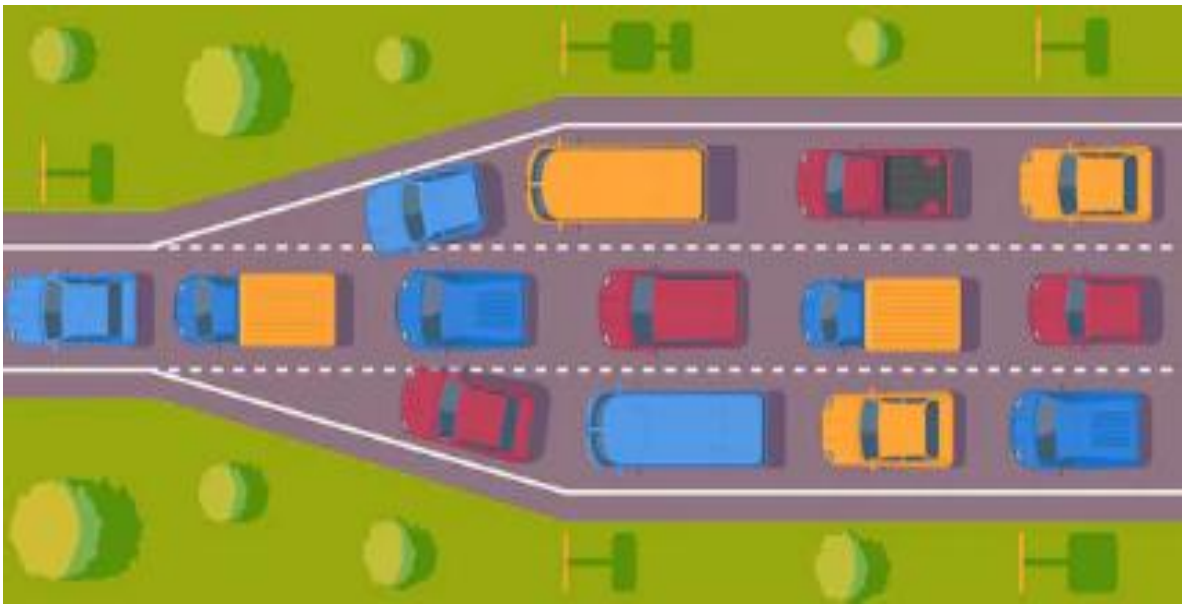
Отказ система представљају велики проблем за читаву фирму и то може донети највеће губитке за предузеће. Поређења ради, један дан застоја фирме која производи угаљ може је оштетити за чак 200.000 динара.

Свакако да је отакз система најгори могући сценарио сваке фирме, што свакако не представља најчешћи вид застоја. Најчешћи вид застоја је чекање на добијање одређених информација или докумената да би се процес наставио, као и чекање на добијање одобрења.

Такође, честа је појава проблема уског грла (енг. *bottleneck*). Наиме овај индустријски сленг добио је име према поређењу са грлићем флаше, кроз коју протиче читава количина течности из ње.

Проблем се јавља јер се јавља велика количина материјала која чека да буде обрађена и долази до преоптерећења одређеног радног места. Уско грло најчешће представља процес који има најмањи степен искоришћења радног места и самим тим најмањи учинак у производњи.

Проблем код уског грла је што успорава процесе који се одвијају пре и након њега. Чекање се јавља пре проблематичног процеса, јер је међускладиште пуно и уколико се производња настави неће бити места за новонастале полупроизводе. Проблем са процесом након је тај што су чекања на полупроизвод који треба обрадити веома дугачка. На овај начин долазимо и до још једног проблема у застоју, а то је чекање на делове који недостају. Ова метафора може се применити на свакодневни живот, као што видимо на слици 18.



Слика 18. *Пример појма уског грла*

Најједноставнији начин за решавање овог проблема је реорганизација ресурса. Постоји могућност повећања времена рада на проблематичном радном месту, додавање још запослених или ротација запослених. Међутим, ово је само краткорочно решење и користи се у случајевима када се тренутна ситуација неће константно одржавати.

Најбољи начин за решавање проблема представљају методе унапређења процеса. Он се своди на реконструкцију процеса и размишљање како се могу одређени процеси унапредити и како повећати ефикасност радног места.

Уколико ниједан метод није могуће имплементирати, постоји могућност разлагања једног радног места на два. На тај начин активности могу бити подељене и могу довести до растерећења једног радног места. Проблем са овом методом је што се тада најчешће јавља секундарно уско грло, односно застој на другом радном месту. У тим ситуацијама, потребно је постепено разлагати радна места и анализирати које активности се могу спојити, а које је потребно раздвојити унутар радних места.

2.2.3. Транспорт

Губици код транспорта могу се сврстати у две групе, у складу са врстама транспорта. Два основна типа транспорта су унутрашњи и спољашњи. Спољашњи траспорт односи се на добављање ресурса и трансфер финалних производа између две организације. За спољашњи транспорт користе се камиони, камионети, аутомобили, комби и остала транспортна возила. Поред самог кретања од једне до друге тачке, у транспорт се убрајају и места за примопредају, преузимање и паркирање возила. Код спољашњег транспорта планирањем руте могу се избећи непотребни губици.

Унутрашњи транспорт везан је за преношење материјала унутар једне организације и за то је потребно доста планирања. За унутрашњи транспорт користе се виљушкари, дизалице, просте ручне направе за вертикално дизање и спуштање, а у данашње време све је чешћа употреба кранова и аутоматизованог транспорта.

Поред ових средстава, у транспорт се убрајају и покретне траке, пужни, завојни и инерциони транспортери, радни транспортни столови, лифтови, жичаре итд. Основни циљ унутрашњег транспорта јесте преношење елемената са једног радног места на друго. Како би се транспорт одвијао без проблема, потребно је водити рачуна и о безбедности на раду. Велики број повреда на раду дешава се управо због лоше означених или потпуно неозначених путања којима се крећу транспортна возила.

Транспортни губици окарактерисани су као непотребно кретање материјала између операција или складишних површина. Са друге стране, треба водити рачуна и о безбедности присутних. Циљ је добити најкраћу, али и најбезбеднију руту којом ће се транспорт обављати. Губици се јављају приликом коришћења старих назнака и обележја за пут, што доводи до непожељног транспорта.

Када је реч о транспорту, он не мора бити везан само за пренос материјалних добара или људи. Трансфер информација је такође јако битан – испоруке или пренос документације која није захтевана, попуњавање докумената који се неће користити, губитак података, некомпатибилност, дуплирање. Све ово представља вид транспорта. Пренос значајних информација подразумева се као врста транспорта.

2.2.4. Прекомерна обрада

Овај губитак се јавља чешће него што се може очекивати. Дефинише се као већи утрошак енергије на рад него што је потребно да би се обавио један процес. Прекомерна обрада не мора нужно бити везана за физичку обраду материјала. Она се такође може односити и на прекомерне информације, дуплирање података, ширење превеликог броја детаља који нису битни за производњу и још много других нематеријалних добара.

Прекомерном обрадом сматра се:

- Поновни унос података
- Непотребно извештавање
- Превише процеса обраде
- Предетаљна обрада
- Дизајн производа захтева превише корака обраде
- Понављање уноса информација на више докумената
- Непостојање стандардног рада

2.2.5. Залихе

О залихама је било доста речи у претходним главама овог рада и lean нуди прилчно јасан став о њима. Исто као и раније и у концепту 7 губитака циљ је имати минималан број залиха (нула).

Залихе као губитак представљају утрошак енергије и ресурса у нешто што неће бити продато и никакав аргумент не може побити ову тврдњу. Најчешће се користе разлози да је тржиште непредвидиво и да је потребно сачувати одређени производ у складишту, како би после одређеног времена тај производ опет могао постати тражен на тржишту. Други разлог је страх од неискоришћења ресурса. Ово је могуће спречити искуством, добрим планирањем и анализом тржишта.

Правило које важи је да је висока количина залиха једнака непотребној количини залиха, што даље имплицира само губитак. Залихе се стварају као резултат прекомерне производње. Другим речима, ово за власнике фирме означава заробљен новац, односно капитал у складиштима. Залихе као резултат јављају се услед прекомерне набавке сировина.

Као и у великом броју губитака, значајну улогу игра административни део организације. Уколико постоји чекање на документа која је потребно обрадити, губици у виду залиха су неминовни. Такође, треба максимално избегавати обраду информација у серијама. Lean филозофија заснива се на континуалном току који је предодређен складиштем за само један елемент. Сваки вид нагомилавања треба избећи, небитно да ли је реч о информацијама, подацима, материјалу или финалном производу.

2.2.6. Непотребни покрети

Непотребне покрете можемо донекле изједначити са активностима које не додају вредност, јер се и једна и друга врста дефинише кроз кретање запослних које не додаје вредност. Међутим, велика разлика је у томе што је ово подврста, али и суштина активности које не додају вредност производу.

Овај тип губитака може се означити као лош распоред машина, непотребно савијање радника, неопходно кретање људи како би дошли до информација, ручни рад како би се компензовали недостаци производње, тражење докумената, ходање до одређеног дела радног места итд.

Непотребни покрети ће посебно бити дефинисани и објашњени у другом делу рада, јер се Метода мерења времена управо своди на израчунавање колико је непотребних покрета изведено у оквиру једне операције.

2.2.7. Шкарт

Према теорији професора са Универзитета у Масачусетсу, шкарт представља последњи тип губитака у производњи. Основно значење појаве шкарта је дефект, односно производња лоших комада. Било који комад који не задовољава потребе купца и његову наруџбину сматра се шкартом. Дорада производа се такође може сматрати шкартом, јер се подразумева додатан утрошак енергије и ресурса, што свакако није ефективно. Поправка се такође сматра подврстом шкарта, из истих разлога.

Било какав прекид тока због настанка грешака потребно је сврстати под шкарт, јер јер прекид тока увек условљен изласком неисправног комада из првог пута при производњи. Као и у осталим типовима грешака, шкарт не мора нужно бити материјалан.

Информације које су непотпуне, или нетачне такође су вид шкарта. Грешке приликом уноса, као и нетачне информације на документу, нејасне или збуњујуће инструкције, све ово може успорити рад и однети део профита, због чега је јасно зашто све овакве појаве називамо шкартом.

2.2.8. Неискоришћени ресурси – људски потенцијал

Осми губитак је настао као последица основних 7 и још увек се не може наћи у литератури као део основних губитака. Ипак, овај губитак игра важну улогу у сваком предузећу и веома је присутан. Он подразумева запослене који нису ефективно укључени у процесе. Међутим, ово је само последица.

Прави узрок се може наћи у следећим проблемима:

- Запослени не раде на одговарајућој позицији
- Запослени нису укључени у проналажењу решења
- Уско дефинисани послови

Корен сваке фирме, према филозофији Таичи Оноа, једног од људи који су Тојоту довели на место на ком је сада, представља човек. Таичи сматра да су запослени кључни фактори за успех.

У својој књизи „Тојотин начин размишљања, десет заповести Таичија Оноа“, Јошихито Вакаматсу, који је био на хијерархијском нивоу одмах испод Оноа, препричао је један разговор са њим који управо описује корене ове филозофије Јошито је пиметио одређене неправилности у Тојотином производном систему и упитао Таичија зашто их није одмах исправио. Његов одговор био је: „Бивам стрпљив. Не могу да злоупотребим свој ауторитет како бих натерао раднике да ураде оно што желим, јер то не би довело до траженог квалитета производа. Морамо упорно тражити разумевање запослених тако што ћу их убеђивати у есенцијалне вредности Тојоте. На крају крајева, производња је ипак резултат човековог рада и онога што их ми учимо.“ [20]

На основу слике дате испод текста могу се визуелно представити губици који настају услед производње.

Слика 19. *Седам губитака и њихове ознаке у индустрији*

Како би се елиминисало ових 7 типова губитака, потребна је креативност свих запослених. Тренинзи и унапређивања знања радника на дну хијерархијске пирамиде су најбитнији циљ у лидерству.

3. Појам и настанак МТМ-а

Први део овог рада бавио се јапанском филозофијом и начином на који је Тојота успела да постане најпрофитабилнија организација на свету. Описани су најважнији појмови који представљају стубове њеног производног система. У наставку је било речи о lean концепту и сличностима и разликама између њега и ТПС-а. На самом крају другог дела била је објашњена подела активности у склопу представе о губицима. Један од алата lean-а који се бави свим врстама активности и смањењу губитака је управо МТМ.

Скраћеница МТМ означава метод који се базира на мерењу времена. Метод мерења времена (Method – Time Measurement) има за циљ да покаже да за сваку изведену операцију на радном месту постоји предодређено време за њено извршавање. То време такође зависи и од технике, али и начина обављања одређене активности.

Најједноставније речено, крилатица овог алата је „Метод одређује време“. Међутим, МТМ је данас постао доста распрострањен, па је самим тим и алат унапређен. То унапређење се највише односи на проширење у виду организације, планирања и пројектовања. Унапређењем ових области долази до побољшања саме структуре унутар организације.[21]

Оно што чини МТМ тако распрострањеним је чињеница да је овај алат лако примењљив и у свакодневном животу. Ипак, најпогоднија употреба ове методе управо је везана за побољшање перформанси рада, као и организације самих активности.

МТМ је такође присутан у производњи, логистици и одржавању, али и у самој администрацији и сервисном сектору. Елементи овог алата су широко распрострањени и препознатљиви на међународном нивоу захваљујући научним истраживањима која се обављају последњих 70 година.

Данас је овај алат најраспрострањенији вид одређивања времена за извођење операција широм света. На овај начин добили смо униформне стандарде планирања и перформанси за цео свет. Униформни стандарди представљају правила која су у свакој земљи једнака, у циљу олакшавања комуникације, а самим тим обезбеђују и ефикасност организација које имају међусобну сарадњу.

Почетак развоја МТМ-а везује се за период у току и након Другог светског рата. Године 1940. у Питсбургу корпорација предузетника и изумитеља Вестингауса покренула је нови програм унапређења индустрије. На челу овог пројекта били су стручњаци у индустрији Х. Б. Мејнард, Ј. Л. Шваб и Г. Ј. Штегемертен. [22]

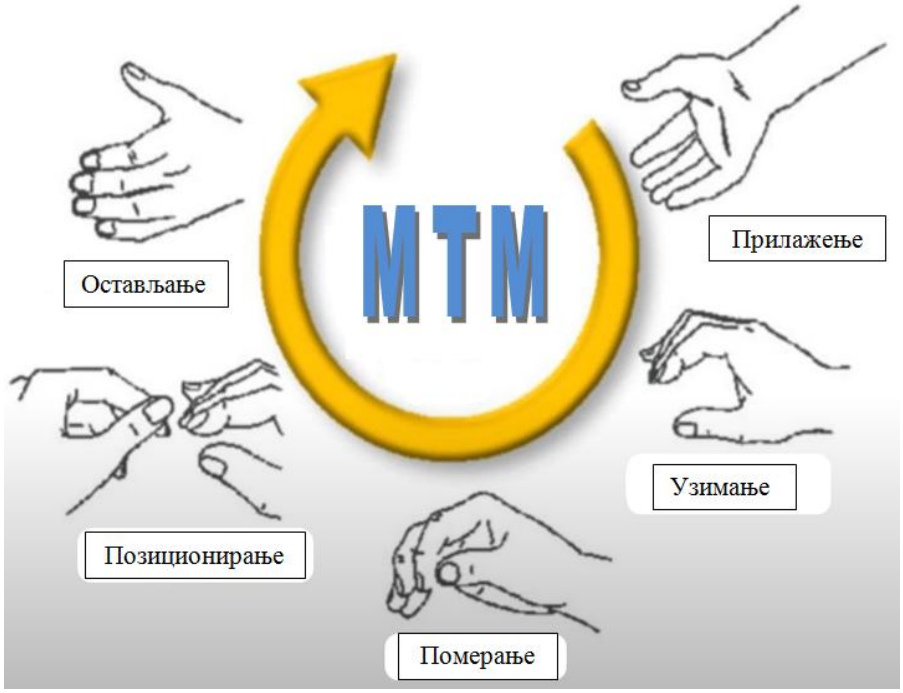
Они су се бавили прибављањем узорака за развој МТМ-а. Ови узорци су прикупљени, затим је обављена процена валидности и тестирање датих узорака у индустрији кроз наредних пар година. Резултати ових експеримената изложени су у једном магазину 1948. године. Објављивање овог магазина означило је почетак МТМ методологије и његове примене у свету.

Независно од величине предузећа, циљ је увек економичнија организација рада, побољшање односа трошкова и перформанси, добро функционисање, стабилна производња, висок квалитет производа, мотивисани радници и наравно – најважније је да је радно оптерећење радника контролисано, да су радни задаци јасни и разумни и да нису исцрпљујући за запослене. Све ово представља стални и континуирани задатак који треба да осигура конкурентност компаније и њених производа.

Један од савремених стручњака, Андреас Мулбергер тврди да је „У светлу повећања структура и различитих система унутар корпорације МТМ изузетно користан. Затим, ту је и чињеница да употреба МТМ-а нуди и потенцијал оптимизације, који далеко превазилази класичне методе обраде временских података. Кроз анализе можемо тачно да видимо у којим тачкама и активностима можемо да задовољимо ергономске потребе запослених, где се могу смањити растојања и још много других ствари“.

Резултат употребе овог алата су поуздани подаци, транспарентност за све производне процедуре, значајна побољшања у балансирању линије и пратећи докази о новчаним користима.

МТМ је метод, односно алат за мерење времена и садржи дефинисани, кодирани радни садржај и одговарајућу стандардну временску вредност. То је најраспрострањенији систем за одређивање времена који се користи широм света са јединственим стандардима за анализу радних процеса и одређивање циљног и планираног времена.



Слика 20. *Анализа активности у МТМ-у*

У практичном смислу, то значи да се сваки покрет анализира и као резултат тога целокупне радне станице и производни процеси могу бити оптимизоване. Још једна предност употребе овог алата је могућност промене и подешавања времена у случају измене метода или окружења на свим анализираним радним станицама.

Две најважније карактеристике МТМ-а су стандардни учинак (у некој литератури може се наћи синоним *перформанс)* и фактори утицаја.

Стандардни учинак је једнак учинку просечног радника који може обавити задатак за време свог животног циклуса без умарања. У погледу свих параметара које метода мерења времена треба да има, МТМ далеко превазилази све остале.[23]

Фактори утицаја представљају однос потрошеног времена у односу на растојање које радник прелази како би обавио активност, тежину комада који треба да подигне, прецизност и/или квалитет обраде одређених нормирањем коју треба да достигне итд.

Начин мерења времена	Опис активност и које се понављају	Однос методе и времена	Планирање будућих метода и времена	Међународно признати временски стандарди
Штоперица	◐	◐	◐	○
Студије случаја	○	○	○	○
Студије случаја	◔	◔	◔	○
Self-recording	○	○	○	○
Поређење/процена	●	◕	◔	○
Снимање камером	◐	◔	◔	○
МТМ	●	●	●	●

Слика 21. *Однос МТМ-а са осталим методама мерења времена*

Најважнији разлог за увођење МТМ-а не представља само потребу за радом са најновијим стандардима у смислу организације рада и управљања временом, већ усвајање и рад са јединственим стандардима. Поред одређивања времена, систематски је од посебног значаја индетификација оних елемената на којим се постојећи производни систем може побољшати. Анализом, организовањем и дизајнирањем радних процеса и радних места, коришћењем МТМ-а, циљ је континуирано развијање производног процеса и осигурање тока процеса без губитака, дуж целог ланца вредности са учинковитим методама рада. [24]

Увођењем МТМ-а могуће је:

- Имати општи преглед процеса, откривање слабих тачака у методама рада и помоћ у побољшању процеса производње
- Посматрање радних процеса на најконзистентнији и аналитички начин у многим случајевима
- Праћење процеса и оптимизација процеса
- Евалуација времена – гарантује правовременост планираног рада
- Даје битне информације потребне за будући развој процеса[23]

Основни услови који су морали да буду испуњени како би дошло до експанзије овог алата су били следећи:

- Морао је бити погодан за сваку грану индустрије
- Требало је да буде разумљив свакоме
- Лако савладив метод чак и без стечених претходних знања у датој области
- Метод је био испланиран тако да је време обављања датог алата истог момента одређено
- За сваки део планете важила су иста правила и стандард[24]

Сви добијени узорци искоришћени су у циљу развоја МТМ-1 алата и складиштили се на Универзитету у Мичигену и Истраживачком центру „Колумбо“ у Охају. Помоћу информација добијених на овај начин, стручњаци у области индустрије формирали су основе истраживања педесетих и шездесетих година прошлог века.

Стварна времена представљају времена која су добијена праћењем одређених активности у практичном раду. Оне се најчешће записују на основу емпиријског искуства. Разлог зашто је овај термин уведен је да би се јасно дефинисале разлике између времена која су прописана теоријом или претходним знањем и егзактног, односно прецизног временског периода.

Са друге стране постоје тзв. *студије случаја* и оне управо представљају времена добијена само базирањем на теорију и анализу.

Како би се направила разлика између различитих *основних покрета* и израчунало време потребно за њихово извођење, већина ових операција касније је била забележена камером. *Стварна времена* су добијена пребројавањем добијених слика по покрету. Метод добијених узорака описан је потпуно у тексту горепоменутих научника. За остале покрете, нпр. кретање (ход), *стварна времена* срачуната су уз помоћ *студија времена.* Независно од величине компаније, организација која тежи ка континуалном унапређењу мора се фокусирати на:

- Однос цена и перформанси (квалитет, функција, задовољство купца производом/услугом)
- Сигурност добављања производа купцу/репроматеријала
- Мотивацију радника и осмишљавање технике обављања радних задатака

Ова три елемента су основа за остваривање конкуретнстности компаније, као и њених производа/услуга. [25]

Средином двадесетог века, када се овај алат појавио, одмах је преузео најбитнију улогу у одржавању континуалног унапређења. Још неке предности овог алата су:

- Постојање широког (пуног) приказа процеса како би се открилe критичне тачке у техници извршења операције и њене реализације
- Конзистентан и чест аналитички прилаз пословним операцијама
- Приказ рокова за обављање датих активности, који се заснивају на референтним перформансама

Како би се тадашња структура у индустрији грубо довела у ред, измишљен је МТМ-1 (Основни МТМ систем), који се тицао масовне и серијске производње. Имплементација овог система је достигла задивљујуће резултате. [25]

Услови на тржишту крајем Другог светског рата променили су начин пословања многих компанија. Из тог разлога методе за формирање структуре, пројектовање, планирање и контролу операција и процеса морали су да се сусретну са тим променама.

Истраживачи су снимали раднике широм САД-а у различитим гранама производње. Пошто су користили камеру са константном брзином снимања од 16 слика по секунди, није им био потребан мерач времена. Када је снимање обављено, уследило је испитивање стотине метара филма, које су обављали научници широм САД-а.

На овај начин декодирани су основни покрети шака и прстију (покрети као што су: зграбити, ухватити, донети, поставити, отпуститити, одвојити, окренути, притиснути итд), као и визуелне функције (осматрати, прегледати, преконтролисати и др). Касније су ови елементи проширени на покрете тела, ногу и стопала: корак у страну, окрет тела, савијање, клечање, седење, подизање, кретање, померање једне ноге и стопала. Сви основни покрети су на тај начин дефинисани и описани уз помоћ језика и симбола. На овај начин читав радни процес могао је бити описан. Током анализирања филма, истовремено је било прорачунаван број фрејмова, односно слика, од којих је сваки показивао један основни покрет. Основни покрети се такође користе и као временске јединице. Додавањем њихове количине дужини низа покрета добијамо стварно време.

Мејнард, Шваб и Штегмертен, немачки научници, заједно са својим тимовима, прилагодили су систем унапред одређеног времена вештинама просечног радника који је прошао обуку. Да би прилагођавање времена било што егзактније, морали су да размотре и вредност степена учинка. Дефинисано је да просечни степен успешности зависи од вештина радника, његовог напора у обављању радова, правилности времена извођења и радних услова.

Након утврђивања ових правила, свака комбинација елемената кретања могла би се доделити одговарајућем времену добијеном на основу утврђеног вреалног времена, перформанси и математичко-техничких и статистичких података користећи прорачунати процес. Први пут је дефинисан стандард људских перформанси тако што је успостављен ергономски еквивалент „стандардног мерења“. На основу ових израчунавања, МТМ је ускоро развијен и користи се данас више него икада.

Године 1943. ова три научника су кроз своја истраживања развили ефикасније методе рада користећи различите комбинације елемената покрета. Мало касније, појављује се њихова књига „Метода – мерење времена“, која је привукла велику пажњу у пољу индустрије.

Тржиште је након ових истраживања било окарактерисано следећим параметрима:

- Мањи број производних елемената
- Краће време обраде
- Повећање сложености производа
- Повећање разноликости у производњи
- Мање серије производа

Америчка фирма која се бавила односом са Европом и њеним тржиштем и производњом донела је МТМ методологију у Европу почетком 50-их година прошлог века. Шведски индустријски инжењери први су искористили овај алат за државне пројекте. Уследило је и формирање прве националне МТМ организације управо у Шведској 1955. године. Недуго затим, после 2 године, Швајцарска прати овај тренд и креира се прва књига о МТМ-у на немачом језику. Убрзо се овај тренд јавио и у Холандији, а затим и у Француској. Држећи се концепта идеје ове методе, све организације у Европи, као и у свету, имале су заједничке циљеве и визије.

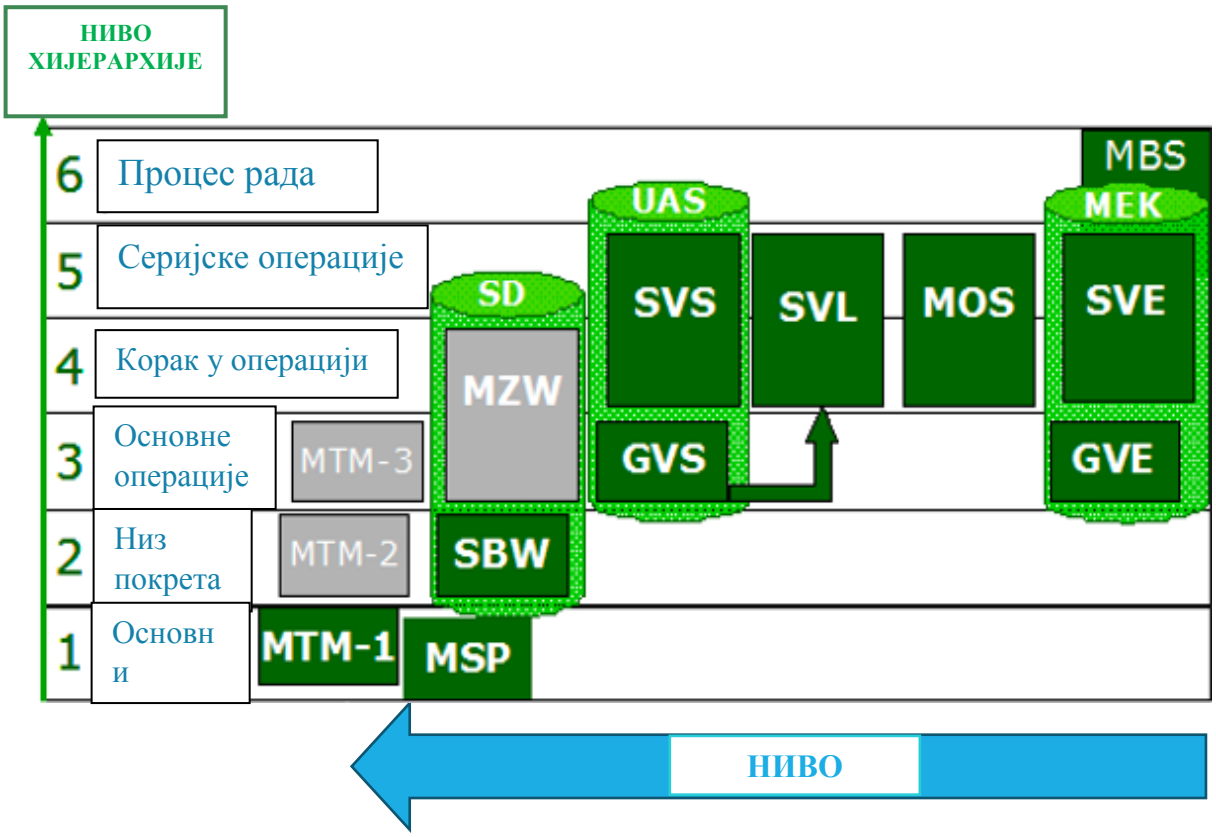
Оно што издваја фирме из угла МТМ-а су карактеристике серијске производње, а оне су следеће:

- Производња која је оријентисана на поруџбине, а карактерише је понављање – Променљива је врста процеса рада и учесталост по којој се изводе, међутим, опсег променљивих операција је ограничен.
- Пројектовани процеси рада – Радне станице су опремљене стандардном опремом која задовољава захтеве спектра послова. Средства за рад попут машина, алата и осталих уређаја који се користе у операцијама, прилагођена су спектру послова.
- Упоредиви садржај рада – Иако постоји велики број разноврсних модела и варијаната рада, садржаји рада често су упоредиви
- Дефинисани основни услови за процесе рада (и организације рада) – Организација рада није на истом нивоу као у производњи великих размера или у масовној производњи, што значи да радник често мора сам да узме или обезбеди материјал који треба прерадити
- Радни процеси дужих циклуса – радни циклуси су значајно дужи у производњи великих размера и у масовној производњи
- Искусни радници – Очигледно је да је, у поређењу са производњом великих размера и масовном производњом, степен искуства радника нижи. Операције се изводе на индивидуалан начин рада, међутим, дати метод рада се задовољава у великој мери
- Упутсва за рад – Радна упутства су дата без детаљног описа методе[22]

Имајући у виду доминантну структурну ситуацију у индустрији, основни систем МТМ-а, назван МТМ-1, првобитно је развијен за масовну производњу и ту је успешно примењиван.

Пошто се кроз праксу имплементација МТМ-а јако добро показала, поготово у масовној и серијског производњи, било је само питање времена када ће се осмислити грана МТМ-а која ће бити фокусирана на појединачну и малосеријску производњу. Убрзо се услови на тржишту мењају и унапређење овог система постаје неопходно.

Требало је развити методе потребне за структурирање, пројектовање, планирање и контролу оперативних токова производње који могу задовољити ове измењене захтеве. На основу позитивних искустава стечених употребом системом МТМ-1 у масовној производњи, циљ је био да се МТМ техника економски примени у условима серијске производње. У складу са тим, развијен је специфичан систем саставних елемената који задовољавају захтеве серијске производње. [23] Креиран је специфични систем који се састојао од блокова, који је прилагођен условима малосеријске произвоње. Тај систем се називао UAS– Universal Analysis System (Универзални систем анализе).Убрзо су почели да се развијају и остале варијације на основу овог система.На слици испод приказана је графичка подела алата.



Слика 22. *Графички приказ алата заснованих на "UAS"-у*

На претходном графику приказани су разне варијације који користе „UAS" као основу. Основна разлика у овим алатима је базирана на масновности производње. МТМ-1 представљен је као основни алат и самим тим његова сложеност била је на најнижем нивоу. МТМ-2 и МТМ-3 алати користили су МТМ-1 као основу, али су знатно сложенији. Нажалост, због своје комплексности нису успели да се одрже у индустрији као њихов претходник.

Ипак, алат који је успео да нађе своју примену у савременом пословању је МЕК. Он се користи у појединачној или малосеријској производњи и широко је распрострањен. Састоји се из два подалата – *SVE* і *GVE*. *SVE* је пре свега базиран на стандардним операцијама које се примењују свакодневно, али то не подразумева да су те операције једноставне. Акције које су лакше за обављање сврставају се у *GVE* подалат.Овај подалат бави се основним операцијама и представља базу МЕК-а.

Ниво методе који је дат у виду апсцисе зависи од самих вештина које поседује појединац, али и група унутар предузећа. Да би се објаснио ниво методе прво треба дефинисати вештине. Оне представљају ниво способности обављања операција, које је научене приликом покушаја и егзекуције разноврсних активности. Вештине су засноване на претходним знањима и већ постојећим способностима, искуству и тренингу. Повећањем броја понављања, вештине постају све бројније и квалитетније, са мањим процентом грешака. Такође, битан фактор у индустији је време обављања активности, што се може знатно смањити на овај начин. Оно што је добро за надређене је то да уопште не морају да врше притисак на запослене, што је и једној и другој страни циљ избећи. [24]

Касније, када се запослени утренирају и достигну основни ниво знања и вештина, долази до достизања лимита времена за одрађени посао. Ипак, даља вежба и понављање активности требало би да се наставе, како би се елиминисао проценат шкарта и повећао ниво квалитета. Поред овога, искуством се дошло до закључка да се активности који подразумевају симултане покрете много лакше обављају услед понављања. Такође, елиминишу се и чак и они ситни покрети који одузимају наизглед небитну количину времена, али су заправо веома чести, тако да на крају утичу на цео процес. Долазимо до тога да се чак и непотребни покрети очију подсвесно одстрањују и фокус остаје само на оним покретима који ће допринети бржем извођењу радног задатка.

Тренинг и увежбавање ових покрета одређују метод рада у великој мери. Овај феномен се назива *Ниво методе.*

Поред вештина, на ниво методе утичу и следећа два фактора:

1. Статус набавке

Статус набавке дефинисана је квантитативним одређивањем наруџбине, која даље зависи од фреквенције сличних наруџбина на месечном нивоу и просечном величином серије.

2. Организација посла

Организација посла развија се у односу на статус набавке. Битни фактори који утичу на организацију посла су информација о набавци, трајање радног циклуса, организација набавке репроматеријала и сам дизајн и пројектовање ентеријера фирме.

Информације о набавци добијају се на основу захтева купаца и техничких операција које служе трансформацији ресурса у финални производ. Трајање радног циклуса добија се кроз тзв. рутинге, односно времена добијена експерименталним мерењем. Подела на основу методе рада и природе посла изгледа овако:

Слика 23. *Графичко детерминисање серија потребних за рад*

Ниво методе предодређен је са два ентитета, а то су метод рада и природа посла. Термин природа описује шта је / би требало да се уради (углавном се одређује по фазама). Метод посла, са друге стране, дефинише начин на који би тај посао требало одрадити.

3.1. Израда блокова по „*UAS*“-у

Блок представља један покрет или серију покрета која представља један део нужних акција коју је потребно обавити како би се обавила задата операција. Ниво методе би у теорији требало да се подудара са блоком унутар овог система, без обзира да ли је реч о ауто индустрији, производњи намештаја или некој другој привредној грани. Овај систем се може исто тако искористити и за послове унутар логистике једне организације, па чак и канцеларијских послова. Наравно, постоје специјалне екстензије МТМ-а чија су интересовања непроизводне области, као што су нпр. финансије.

Развој блокова система основних операција унутар „UAS“-атекао је на следећи начин:

- У почетној, концептуалној, фази, основне операције су дефинисане, као и утицајни фактори. Типични процеси серијске производње били су снимани камером, али су области производних делатности били разни. Након снимања уследила је анализа подупрта теоријом МТМ-а. Заснована на овоме, блокови овог система који описују основне операције били су повезани у целине. Било је неопходно обавити анализу свих операција и читавог такта једног оператера. Испоставило се да су ови блокови „UAS“-априказивали исте резултате као и МТМ-ове претпоставке.

- Блокови који су били одређени временом нису само додати процесу, већ је одрађена статистичка обрада података, како би се добио стандард за операције појединачно.

- Блокови су формирани у великој мери, како би се сваки могући покрет дефинисао и како би се добила реална слика операције.

- Фактори који утичу на сам посао (умор, глад, спољашња температура итд) нису укључени у систем блокова, већ су узете средње вредности времена великог броја узорка, тако да је рад и у отежаним, али и у олакшаним условима већ укључен у блокове. Такође, на овај начин се добија најједноставнији резултат при основним условима рада. [25]

Што се тиче самих фактора који утичу на посао, а самим тим и на анализу, утврђена су следећа правила:

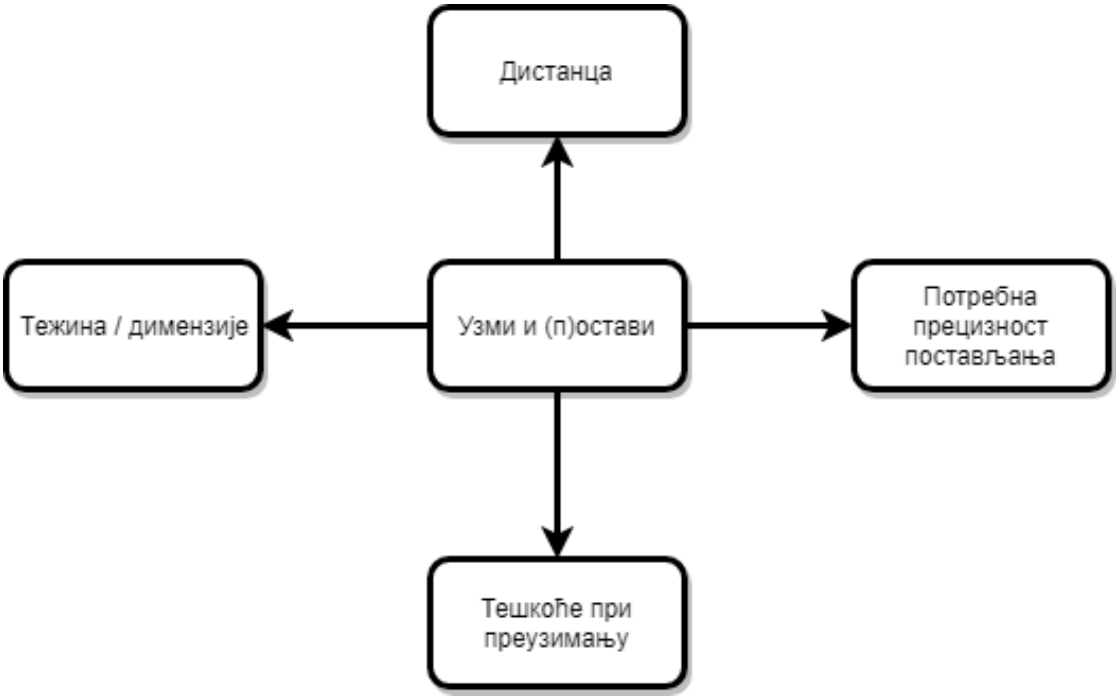
- МТМ-1 и Стандардни узорци основних вредности унутар МТМ-а захтевају прецизност и знање везано за серије покрета и њихово трајање у временским интервалима, који ће касније бити анализирани у одређеном софтверу.

- Што је производња ближа малосеријској, односно појединачној производњи, то је компликованије, сложеније и теже одредити временски интервал самих покрета. Поред овога, МТМ је мање примењив у оваквим врстама производње, јер посматрајући процесе, најизвесније је да ће их анализа окарактерисати као својеврсан начин расипања (материјала, времена, људских ресурса итд).

- Утичући фактори у овим анализама не зависе од природе самих покрета, већ од основних услова у којим се ове операције извршавају[24]

Један блок обично представља једну позицију/покрет, али се у неким фирмама користе специјални блокови који важе само унутар те организације, из разлога што се ти блокови могу применити само у одређеној привредној грани, понекад чак и у само једној фирми.

На слици је приказано које све покрете један блок може обухватати:



Слика 24. *Пример једног блока са пропратним активностима*

Из дијаграма изнад текста можемо приметити да је овај систем примењљив и да се заснива на нивоу методе (нпр. степен обуке и/или рутина која се односи на серије покрета) који се обично користи за серијску производњу. Рутина појединца у фабрици дефинише његов ниво методе. Као резултат добијамо јасну разлику у временима између масовне, серијске и појединачне производње.

Међутим, ово се не дешава због различитих брзина покрета, већ због другачијих серија покрета. Овај феномен се може објаснити и кроз позиционирање радних елемената и употребу алата, који кроз тренинг постају много прецизније операције.

За разлику од масовне производње, код серијске производње број понављања се смањује, што нас доводи и до смањеног ослањања на алате. Корективни покрети развијају се кад се одређивање вермена доведе до нивоа неопходности. У исто време, пропорција симултаних покрета се смањује.

У условима серијске производње у компанијама, у пословима попут монтаже се најбоље види даоперације укључују веома сличне елементе, који се разликују само у основним условима на местима њихових коришћења (нпр. дистанца између алата или делова елемената). Ово нас доводи до логичног развоја система блокова који се назива *UAS Standard Operation (Series)* и односи се на операције које су већ стандардизоване и понављају се комплетне серије покрета.

Након стварања овог система, дошло је и до поделе овог система на два подсистема – основне и стандардне операције *UAS*-а. Главне карактеристике овог система су:

- Низови блокова основних операција у серијској производњи
- Комплекснији блокови са просечним 50 јединица времена у овом систему (објашњење јединице следи у наставку)
- На већим нивоима хијерархије стандардне операције серијске производње описане су блоковима из система основних операција
- Смањење потребних узорака за добијање потребних резултата због смањеног броја блокова и утичућих фактора
- Блок садржи само оне утичуће факторе који су очигледни и који су присутни за време обављања посла
- Поједностављена имплементација због смањења обавезних правила и одлука
- Време за формирање једне анализе је од чак 10 до 20 пута мање него у претходним верзијама [23]

UAS систем блокова може се искористити да се анализирају сви мануелни послови, под условом да оне показују карактеристике серијске производње.

3.2. Анализа помоћу *UAS блокова*

Коришћење *UAS* процесних блокова поштујући факторе који утичу на операције не захтева детаљан опис серија покрета који су присутни у раду. Само основни услови који утичу на сам процес морају бити укључени. Знање о самом послу и индивидуалним активностима који чине серије покрета заједно (које укључују и коришћење радних комада, алата и машина) није неопходно, али се анализом долази до искуства везаног за операцију.

UAS анализе се деле на планске и извршне. Свака анализа која се креира процесних блокова мора да испоштује одређена правила по следећем редоследу:

1. Одређивање области примене и специфичности задатка
   У овом кораку је потребно описати захтеве радне рутине одређене на основу графика, листе понуде/поражње производа, плана производње и путем општих запажања.
2. Креирање лејаута (енг. l*ayout)* радног места или читавог система, како би систем анализе могао да се реализује
3. Формирање структуре тока самог посла – Ток посла/ова зависи од нивоа компаније, односно нивоа специфичности процесног блока.

Овде је потребно дефинисати да у овим системима постоје А, Б, Ц и Д блокови. А блок представља један покрет који се изводи у току рада. Б блок представља устаљене серије покрета који се током времена у свим организацијама понављају и приказан је као спој више А блокова. Ц блок представља анализу снимка који обухвата један радни елемент и састављен је од доста Б блокова. На самом крају налази се Д блок и његова структура обухвата више радних елемената, односно једну линију у предузећу, или једно радно место оператера. [24]

У наставку следи објашњење описа једног радног Ц блока. Свака табела и ентитет унутар ње биће објашњени путем слике и текста.

На самом почетку морамо разликовати два дела – наслов и структуру. Поља у наслову су Опис активности, почетак, опис активности унутар анализе и крај. Они представљају основу за дефинисање процеса блокова. Дефинисање валидности процесног блока (тежина комада, дистанца, прецизност операције) карактерисано је у пољу *Ограничења.*

Прва два ентитета подразумевају шифру радног елемента, односно радне активности. Затим следи кратак и недетаљан опис насловљеног дела. Ради лакшег сналажења при низању ових анализа, постоје јасно назначени почетак и крај, који служе да нагласе почетну и крајњу активност. Наиме, крајња радња прве анализа постаје почетна радња друге и на тај начин се везују једна за другу. Пошто структура сама по себи може бити несведена, ово доста олакшава рад у пракси. Уколико назначимо шта је почетна активност анализе која се не налази прва на листи многобројних, лако можемо проверити распоред и/или исправност разврставања ових анализа. Ово је једноставан начин и провере тачности одрађених анализа.

Постоје још два ентитета унутар насловнице, а то су набрајања операција која се изводе и ограничења. Набрајање операција дају кратак преглед операција које се налазе унутар анализе и све то у циљу лакшег проналажења потребних Б блокова.

НАСЛОВ	Шифра					
	Опис					
	Почетна оп.					
	Операције					
	Крајња оп.					
	Ограничења					
	Редни Бр.	Опис	Шифра	*TMU*	*Q x F*	*Total TMU*
	1.					
	2.					
	3.					
	4.					

Табела 4. *Приказ заглавља и наслова у оквиру анализе*

Извршене активности сортирају се на основу *тока корака* (ток корака одговара специфичном процесном блоку компаније). Ток корака описује структуру блокова, тј. репрезентује радне активности које се одређују коришћењем већ изграђених ранијих блокова.

Ток корака приказује генералан опис са освртом на процесе који се обављају и то се бележи у колони Опис у другом делу табеле, како би се кратко и јасно означило

шта је циљ тог процеса. Углавном се за ову колону користи назив производа, акције која се предузима и, уколико се користе, помоћни алати и опрема.

Фактори који одређују време трајања су дати у колони *Q x F,* где *Q* представља квантитет, односно количину извршених радњи, а *F*– фреквенцију, тј. број понављања акције. Следећа ставка везана за наставак корака анализе је:

1. Одређивање неопходних утичућих фактора (тежина радних елемената, димензије, прецизност постављања елемената, итд)

2. Креирање анализе тока корака (процесних блокова) – поштујући правилаUAS-а. Она се саставља од блокова основних, као и стандардних операција, али се често користе и комбинације са UAS основним операцијама.

   - Колона *Q x F: Q* означава квантитет, а *F* фреквенцију. Оба ентитета представљају факторе који се множе како би се добило тачно време процесног блока. Резултат се аутоматски генерише у пољу Total TMU.
   - Квантитет добијемо одговарањем на питање *колико*, док фреквенцију добијамо на питање *колико често.*
   - У пракси се показало да се може јавити још један ентитет који се множити (нпр. куцање 3 броја на 4 места на 2 папира – формула ће бити 3 x 4 x 2).

3. Одредити циљано време за ток посла (преко процесног блока), (за практичну примену у компанијама, у обзир је потребно узети и толеранције за одређене активности, које зависе од типа операције)

3.3. Подела структуре и концепт MTM блокова

Структура процесних блокова зависи од специфичности и привредне делатности фирме. Блокови се морају редовно ажурирати, што је предуслов за израђивање квалитетне анализе. На овај начин:

- Ствара се шира слика о методама рада
- Процеси се брже унапређују
- Пружа се могућност поређења различитих варијација извођења једног процеса
- Лакше се могу поделити радни елементи унутар једног процеса, самим тим боља анализа акција које (не) додају вредност производу
- Могуће је лакше извршити прорачун времена, чак и у самом процесу планирања

Поред основних фукнција, МТМ пружа поглед на ширу слику, али се може применити и детаљнија анализа. На овај начин се отварају врата за нове могућности:

- Могу се избалансирати линије унутар производње, како би сви имали исту сатурацију (заузетост/засићење)
- Добијамо брза и економична ажурирања стратегијских и оперативних планова
- Пружа се могућност унапређења у веома кратком временском року
- Могуће је вантификовање потенцијала организације

Табеларни приказ поделе МТМ процесних блокова изгледа овако:

<table>
<tr><th>Ниво узорка</th><th colspan="8">Пример акције, операције, ентитета</th><th>Област примене</th></tr>
<tr><td>D</td><td colspan="8">Станица 1 / Бокс 1</td><td>Станица</td></tr>
<tr><td>C</td><td colspan="4">Склапање комада</td><td colspan="4">Транспорт краном</td><td>Основни процеси за балансирање линије</td></tr>
<tr><td>З</td><td colspan="8">Кретање (дуже од 2 м)</td><td>Серија покрета</td></tr>
<tr><td>B</td><td colspan="4">Завијање навоја</td><td colspan="4">Подизање крана</td><td>Два или три покрета (повезаних)</td></tr>
<tr><td>A</td><td colspan="2">Постављање навоја</td><td colspan="2">Почетак завијања</td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td>Комплетан покрет</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Узми</td><td>(П)Остави</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>основни процеси UASа</td></tr>
</table>

Табела 5. *Подела МТМ/UAS процеса*

3.3.1. Узорци А типа

У оквиру сваког узорка А типа постоји основни и помоћни процес. Основне вредности су сачињене тако да садрже завршну операцију А узорка. Такође, оне увек садрже активност која је приоритет (нпр. за узимање и постављање делова).

Уколико је тешко одвојити и разазнати која је основна вредност, онда се поштује правило да је основна активност она која где је дистанца најмања.

Помоћне вредости имају додатну вредност за дистанцу, па се самим тим вредности времена множе са 2 или 3, респектабилно дистанци (интензитет од 50 до 80 cm). С обзиром на то да имају ниску врендост (управо зато што су помоћне), ове мултипликације су скроз занемарљиве. [26]

3.3.2. Узорци Б типа

Само модели узорака А нивоа могу се користити у анализи процесних блокова типа Б. Перформансе које су описане у узорцима нивоа Б су представљене у виду главних и помоћних вредности у оквиру А типа. Измерена вредност помоћних вредности узете су у обзир у Б блоковима у зависности од организационе структуре и нивоа методе запослених.

Дистанце потребне за извршавање активности су увек укључене у анализу све док она не превазиђе 80 cm. Уколико се то деси, потребно је укључити нови А блок у виду кретања или померања. Обавезна померања морају се додати укупном времену као посебни Б блокови. Како би било јасније, можемо следити практичан пример. Запослени треба да преузме чекић који се налази на 3 метра од њега. Пошто је немогуће да радник узме чекић са свог места без покретања ногу, рачунају се кораци (3) и ова активност се уноси као нови А блок. Затим следи други А блок, који подразумева преузимање чекића и подразумева се да је сада дистанца мања од 80 cm.

Битно је напоменути да су ови процесни блокови конструисани тако да садрже један утичући фактор. Кабасти и тешки комади имају исту основу као и лаки, разлика је што су последња два стринга (слова) кода другачија. Ова два стринга зависе од тежине комада, што подразумева додатно време. [26]

Прецизност постављања такође игра битну улогу у анализи, јер су различита времена потребна за различите начине постављања. До решења дошло се на исти начин као и код тежине комада. Што се тиче кретања, оно се дели на више могућих операција : ходање, окретање око осе, чучање, седање итд. За све ове операције задати су посебни кодови. Највише је заступљено ходање и код у Б блоку који му одговара је *BMKGM.* У пољу везаном за квантитет и фреквенцију – квантитет представља колико метара је оператер прешао, док фреквенција означава колико пута је оператер прешао дати пут.

Рецимо да се радник налази у бизини радног комада који је потребно обрадити. Уколико оператер корача до потребног алата, а затим се враћа до комада, фреквенцији ће одговарати цифра 2. У случају да оператер након обављене радње на комаду иде да врати одговарајући алат, она ће имати вредност 3. [26]

Код операција као што су заваривање, лепљење, завртање итд, односно радње које имају циклус активности које се у току времена понављају, потребно је увести два Б блока. Први је помоћни блок поменут раније у тексту и он представља први контакт нпр. лепка са површином коју је потребно залепити. Основни процес је наставак заваривања, лепљења, завијања итд. Он траје дуже и мери се у секундама, док помоћна активност увек има интензитет једнак јединици.

Након што се завршна, односно основна активност измери у основним јединицама *SI* система, потребно је превести је у *TMU*јединице, које представљају јединицу времена у *MTM/UAS-у. TMU*има вредности реалног позитивног броја, где 60 секунди представља 1 *TMU*јединицу, а 54 секунде су 0.9. Следећи аналогију, за сваких 6 секунди додаје се, односно одузима 0.1 *TMU.*

3.4. Основни MTM *UAS* кодови

Као што је раније наведено, основни принцип MTM-а је да метода одређује време. Метода у овом случају означава дистанцу, тежину, прецизност, квалитет обраде итд. У односу на то шта се захтева од оператера, свака метода има већ предодређено време. Постоје три основна елемента која одређују код. То су стандардна операција, односно метод који се користи, утицајни фактор (тежина делова, димензије, прецизност постављања итд) и опсег растојања. Постоји седам основних метода у MTM-у и сваком одговара одређена ознака:

- Узми и постави - A
- Постављање - P
- Руковање алатима - H
- Активирање - B
- Поновљиви циклуси - Z
- Покретање целог тела - K
- Контрола погледом - V

		motion length in cm		≤ 20	> 20 to ≤ 50	> 50 to ≤ 80
		distance range		1	2	3

Get and Place			Code	1	2	3
				TMU		
≤1 daN	easy	approx.	AA	20	35	50
		loose	AB	30	45	60
		tight	AC	40	55	70
	difficult	approx.	AD	20	45	60
		loose	AE	30	55	70
		tight	AF	40	65	80
	handful	approx.	AG	40	65	80
> 1 daN to ≤ 8 daN		approx.	AH	25	45	55
		loose	AJ	40	65	75
		tight	AK	50	75	85
> 8 daN to ≤ 22 daN		approx.	AL	80	105	115
		loose	AM	95	120	130
		tight	AN	120	145	160

Place		Code	1	2	3
			TMU		
	approx.	PA	10	20	25
	loose	PB	20	30	35
	tight	PC	30	40	45

Слика 25. *Кодови MTM система*

Имајући у виду ове карактеристичне особине систем стаставних елемената основних операција развијен је првобитно као основа за развој система саставних елемената стандардних операција UAS. Ове карактеристике су, стога, предуслов за примену целог система саставних елемената UAS-а. Ниво методе поменут у саставним елементима идентичан је оном који налазимо у серијској производњи. Пример је аутомобилска индустрија, производња електричне опреме или индустрија намештаја. [25]

MTM пружа могућност да препознавања стандардних перформанси једног оператера приликом извођења неког радног задатка, што је еквивалентно учинку просечног радника који може да обави задатак током задатог времена без замора. На основу типова покрета, направљена је картица са подацима.

Картица садржи основне покрете које можемо применити на све врсте посла. У наставку је дат само један део картице, како би се детаљније објаснили сви елементи на њој.

motion length in cm	≤ 20	> 20 to ≤ 50	> 50 to ≤ 80
distance range	1	2	3

Дистанца (у цм)

Фактори дистанце

Get and Place			Code	1	2	3
				TMU		
≤1 daN	easy	approx.	AA	20	35	50
		loose	AB	30	45	60
		tight	AC	40	55	70
	difficult	approx.	AD	20	45	60
		loose	AE	30	55	70
		tight	AF	40	65	80
	handful	approx.	AG	40	65	80
> 1 daN to ≤ 8 daN		approx.	AH	25	45	55
		loose	AJ	40	65	75
		tight	AK	50	75	85
> 8 daN to ≤ 22 daN		approx.	AL	80	105	115
		loose	AM	95	120	130
		tight	AN	120	145	160

Временски интервал у МТМ систему

Једноставно обављање

Тежина елемента који се подиже

Обављање уз напор

Прегршт делова - користи се за узимање више ситних елемената

Три подврсте обављања операције:

- approx - одокативно - постављање преузетог елемента без прецизно одређеног места, без имало напора

- loose - треба уложити мало напора за узимање и остављање дела

- tight- треба уложити већи напор како би се обавила радња

Place		Code	1	2	3
			TMU		
	approx.	PA	10	20	25
	loose	PB	20	30	35
	tight	PC	30	40	45

Слика 26. *Објашњење кодова*

Најпре је потребно објаснити главне појмове. Овај део картице односи се на две методе (радње). *Get and place* (узми и (п)остави) означава прихватање одређеног елемента и његово одлагање. Пример: узимање алата и његово одлагање на одређено место. У табели на врху налази се дистанца оператера од предмета у центиметрима. Уколико је дистанца мања од 20 cm, фактор дистанце једнак је јединици; ако је предмет удаљен више од 20, а мање од 50 cm, прихвата се фактор 2, а ако је раздаљина већа од 50, а мања од 80, узима се фактор 3, респектабилно.

Фактор дистанце утиче на *TMU,* о ком је било речи раније, а представља временски интервал за који се одређена радња обавља. Очигледно је да са растом фактора дистанце расте и време.

Уколико је дистанца већа од максимално понуђених 80 cm, примењује се употреба корака оператера у виду новог А блока, а фактор који се рачуна је 1. Потребно је напоменути да се димензије елемента сврставају под тежину, ради избегавања сложености операција. Сматра се да су предмети гломазни уколико је једна димензија тог предмета већа од 80 cm, или ако су две димензије веће од 30 cm. Када се утврди да је предмет гломазан, он се одмах сврстава у већи ниво тежине.

На слици изнад именовани су и најједноставније објашњени елементи у табели. Са леве стране приказана су 3 нивоа тежине. Тежина је дата у дека Њутнима, из разлога што се не користи маса, већ управо тежина, а њена физичка величина је Њутн. Сходно тежини, дата су и времена, па је за тежине мање од једне мерне јединице дато најмање време, док је са порастом тежине, пропорционално и интензитет времена већи.

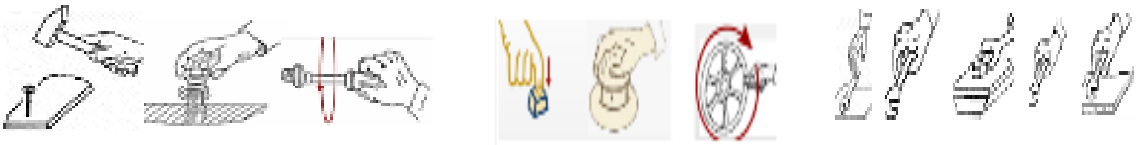
Сваки ниво тежине из табеле садржи по три поднивоа, у односу на тежину обављања. Приметно је да први ниво тежине има још три поднивоа, јер се у пракси показало да је рад са овом тежином најчешћи случај. Циљ ова додатна три поднивоа је да још ближе и прецизније одреде време за које се операција обави. Разлика између додатних и основних поднивоа је што се код додатних тежина односи на преузимање, док се код друге врсте овим одређује тежина постављања производа. Утвршивање класе тежине засновано је на тежини дела или потребном напору, без обзира да ли је део узет једном или двема рукама.

Први додатни подниво (*easy)* се тиче најједноставнијих операција, које подразумевају елементе лакше од 1 *дан* и чије је преузимање веома једноставно. Други тип *(difficult)* користи се у случају тежих преузимања. Трећи тип, (*handful* – прегршт) односи се на случајеве када је потребно преузети више ситнијих елемената, нпр. завртњеве, матице, ексере, лежајеве и сл. Код трећег типа није укључено одстрањивање вишка делова у саставном елементу и треба га додатно анализирати

Што се тиче поднивоа за постављање, такође постоје три типа. Предмети које није потребно оставити на посебно предодређено место сврставају се у прву групу. Пример је остављање алата након извршене једне операције. Уколико знамо да ће оператер поновити радњу у веома кратком временском интервалу, није потребно обележавати место за одлагање алата. Друга врста односи се на предмете које је потребно оставити на одређено место без утрошка додатних напора како би се прецизно поставили.

Пример може бити одређени тип спојних средстава у оквиру механичких средстава за везу – оператер мора поставити завртњеве у одређену кутију, како би знао тачно где се они налазе и на тај начин олакшао себи низ следећих активности. Трећа врста постављања је тражи високу прецизност и постоје правила која се морају поштовати како би операција била успешна. Поново се може искористити пример завртњева. Постоје навоји који су предодређени за јединствени тип завртњева, где ниједан други тип не би одговарао навоју.

На слици 23. налази се и доња табела, која се односи само на постављање елемената, подразумевајући да објекат који оператер поставља већ носи у руци због обављања претходних операција. Такође, овај метод се користи у случајевима када запослени треба да постави неколико објеката које носи. Пример може бити одлагање ексера на место предвиђено за то.



Слика 27. *Примери коришћења кодова*

Узми и постави означава пружање руку према једном или више предмета, стицање контроле над њим/а, и сукцесивно га/их померати до одредишта, према утврђеном степену прецизности. Ове радње се увек извршавају прстима или рукама. Активност која се мери и анализирца састоји се из 3 подактивности.

Прва подактивност је почетак, односно старт. Он се у горепоменутој методи са слике 26 означава померањем руке према једном или више предмета.

Други стадијум је прихватање предмета, и ту спадају сви покрети прстију, шака и руку који одређују време, а потребни су за узимање једног или више предмета у оквиру фактора растојања 1-3 и постављање предмета на одредиште.

Трећи, уједно и последњи стадијум је крај, који наступа када је предмет или више предмета постави на одређено место и након тога остави.

Кодови представљају најбитнији део ових табела. Најпре треба установити о којој се методи ради, о дистанци елемента и оператера. Рецимо да је метода која се користи ова о којој смо досад говорили, а то је „узми и постави“. Потребно је утврдити тежину елемента и начин узимања и постављања. Када су сви ови услови познати, добија се јединични код који одговара тој операцији.

Пример: радник узима елемент тежине мање од јединичне вредности и мањим димензијама од 30 x 30 са складишта на радном месту и поставља га на радни сто како би почео са обрадом. Узмимо у обзир и то да се радник није корачао да би ову активност обавио и да се није окретао. У том случају, активност коју је обавио можемо означити А блоком, који је уједно и Б блок, чији је једини код *АА*.

Практично, то би значило следеће:

- Узми и остави (get and place) → тежина 1 daN < → (approximate) без напора за постављање → дистанца 1 (< 20 cm) → AA (TMU = 20 = 0,72 секунде)

Ово је начин размишљања који треба применити приликом анализе сваког покрета оператера. Како би читав процес био разумљивији, више примера.

Уколико је објекат тежи од јединичне вредности, истих димензија, а операција која треба да се обави иста, А блок ће бити сачињен од кода *AD*. Када би овај објекат имао исту ову тежину, али је потребно поставити га на леву страну стола, начин размишљања, аналогно претходном примеру, био би:

- Узми и остави (get and place) → тежина > 1 daN, =< 8 daN → (loose) мали напор за постављање → дистанца 1 (< 20 cm) → AJ (TMU = 40 = 1,44 секунде)

Када се утврди постојање гломазног предмета, активност која укључује интеракцију са њим сврстава се у следећу, односно вишу, класу тежине. Пример би био припремање кутије мале тежине, димензија 40 x 40 x 20, ако је растојање 60 cm.

- Узми и остави (get and place) → тежина 1 daN < → (approximate) без напора за постављање → дистанца 1(< 20 cm) → AH (TMU = 55 = 1,98 секунди)

Помоћни и корективни покрети који настају услед величине, облика, тежине и врсте предмета и проистичу из нивоа методе у серијској производњи узимају се у обзир у основној операцији узимања и постављања.

За равнање, очне функције, тражење навоја, поновно чврсто хватање, преношење, ослобађање, притискивање и померање, као и за дубину убацивања предмета до 2,5 cm могу се применити основне методе.

Када је реч о покретима, они могу бити симултани или појединачни. Уколико обе се користе обе руке за један предмет, то називамо симултаним покретом. Међутим, ако се користе обе руке, али не обављају исту функцију, потрено је убацити додатни код за покрет друге руке са фактором дистанце 1. Симултани покрети који захтевају висок степен контроле анализирају се додатном основном операцијом за другу руку. Услови под којима се покрети могу извршити симултано наведени су у табели.

Симултани покрети		**Десна рука**	
		Без контроле	Са контролом
Лева рука	Без контроле	Симултано	Симултано
	Са контролом	Симултано	Додатни код

Табела 6. *Симултани покрети*

Ово су једноставнији примери, али њихова примена је веома ретка. Пракса је показала да свака активност на реалном радном месту мора подразумевати више кодова. Реткост је сусрести се са Б блоком који се састоји из само једног А блока. Разлог за то је што увек постоје активности које су неопходне да би се обавило узимање и остављање као што су поновно постављање предмета, окретање, савијање, чучање и најчешће ходање.

Постаљање (*place)* означава да се један или више предмета који су већ под контролом руке или прстију помера до другог одредишта или се постављају на друго место за коришћење. Постављање се обавља у складу са утврђеним степеном прецизности. Постављање почиње померањем руке за постављање једног или више предмета, који су већ под контролом.

Друга фаза обухвата све покрете прстију, шаке и руке који одређују време и који су неопходни за постављање једног или више предмета који су већ под контролом и постављање предмета на одредиште представља крај ове активности.

Као пример наводи се осовина од 4дан која се преузима са дистанце веће од 20cm од радног стола и поставља на место даље од 60 cm. Потребно је изравнати је и убацити. За ову активност потребна су нам два кода. Први је *AJ3*, јер долази до преузимања тешког предмета и јер је дистанца даља од 80 cm, а затим следи *PC1* јер оператер маневрише већ контролисаним предметом за који постоји тачно одређено место на које га треба поставити.

- Узми и остави (get and place) → тежина > 1 daN, =< 8 дан → (loose) мали напор за постављање → дистанца 3 (> 80 cm) → AJ3, *PC1* (TMU = 75 + 30 =105 105 TMU = 3.78 секунди)

Да би ови кодови имали што ширу примену, други део картице подразумева још неке основне покрете како би се развио систем кодова. Њен приказ дат је на слици 25, која представља остале основне покрете приликом једне операције. Циљ је да се свака операција опише прецизно користећи максимално аналитичке методе и разлагање покрета.

motion length in cm		≤ 20	> 20 to ≤ 50	> 50 to ≤ 80
distance range		1	2	3
Handle Aid	**Code**	**1**	**2**	**3**
		TMU		
approximate	HA	25	45	65
loose	HB	40	60	75
tight	HC	50	70	85
Operate	**Code**	**1**	**2**	**3**
simple	BA	10	25	40
compound	BB	30	45	60
Motion Cycles	**Code**	**1**	**2**	**3**
one motion	ZA	5	15	20
motion sequence	ZB	10	30	40
shift and one motion	ZC	30	45	55
tighten or loosen	ZD	20		

Слика 28. *Картица са основним кодовима*

Као и у претходном делу и овде можемо видети исти принцип. За сваки од метода морамо одредити фактор дистанце и још један фактор. Тај други фактор, за разлику од првог дела картице, зависи искључиво од типа методе. Свака метода има свој подниво.

Прва група метода односи се на руковање алатом. Код рада са алатом један или више алат се узима рукама или прстима, ставља на место коришћења и после употребе одлаже у страну. Ово руковање се може поделити на три подврсте руковања. У овој групи постоји слично класирање као и код узимања и постављања.

Прва подгрупа односи се на одокативно коришћење алата, као што је почетно сечење или скраћивање одређених елемената, где је циљ смањити предмет обраде, како би се лакше руковало. Други тип је заснован на једноставним операцијама за које је потребно мало напора за позиционирање. Пример је чишћење предмета обраде бијаксом или брусилицом. Трећа врста, односно она која одузима највише времена је случај који захтева прецизно руковање алата. Најчешћи и уједно и најрепрезентативнији пример је завртање завртњева помоћу одвијача.

Пример: Потребно је пробушити рупу у предњој плочи (дат је код који одговара бушењу *PT* и време од 100 TMU) коришћењем бежичне бушилице од 1,8 daN.

Коришћење алата од 1,8 daN на растојању 1 (мањем од 20 cm) → бушење → HC1, PT (TMU = 100 + 50 = 150 = 5,4 секунде)

Уколико се неко помагало отпусти пре одлагања у страну да би се урадили неки други послови у међувремену, операција се анализира са 2 x Узети и поставити.

Следећи метод везује се за извршење активности која се не понавља у току времена за време обраде једног предмета, а у литератури се користи и термин управљање. Постоји једноструки и сложено тип управљања .

Operate	Code	1	2	3
simple	BA	10	25	40
compound	BB	30	45	60

Слика 29. *Кодови за управљање*

Код управљања покретачима обично нема никаквих покрета корекције, подешавања или помоћних покрета. У том случају покрети су везани за пренос, поновно чврсто хватање и припреме и припадају „узми и постави“ методи.

Управљање се дефинише померањем руке или стопала према покретачу, покретима руку или ногу како би се стекла контрола над покретачем и отпуштањем покретача. Покретач је најчешће дугме, или педала, која служи за пуштање система у рад. У управљање се убраја и један обртај вентила или сличних радилица. Једноставни/једноструки тип управљања може бити окретање вентила за један круг, или промена брзине мењачем у возилу, док је сложена операција окретање вентила и постављање у одређени положај на скали.

Још један пример сложеног рада може бити гурање клизне поуге напред и назад, имајући у виду да између не може бити никаквих прекида временима процеса или другим основним операцијама.

Следећи тип методе су поновљиви покрети (слика 27). Поновљиви покрети или циклуси покрета су редоследи цикличних, понављајућих покрета које праве рука, прсти или стопало. За анализу у МТМ-у није битно да ли се ови редоследи покрета праве са или без алата.

Почетак операције означава позиција за нови циклус покрета по завршетку претходног. Подразумевају се сви покрети руку и стопала који одређују време и који су неопходни за понављајуће покрете или редоследне покрете, као што су дупли ударац, циклус завртања, окретање радилице, вентила итд. Када се поново достигне стартна позиција по завршетку покрета или редоследа покрета, може се сматрати крај ове активности.

Motion Cycles	Code	1	2	3
one motion	ZA	5	15	20
motion sequence	ZB	10	30	40
shift and one motion	ZC	30	45	55
tighten or loosen	ZD	20		

Слика 30. *Поновљиви покрети*

Ова активност може се поделити на више типова. Један покрет може бити представљен у виду обртаја кључа и радилице, сечење маказама или први замах кључем.

Други тип дефинише се редоследом покрета. У овај тип спада дупли покрет одвртачем, ударац чекићем, коришћење маказа итд.

Следећи тип дат је у виду премештања и једног додатног покрета. Ово означава вршење једног прецизног постављања заједно са сукцесивним ударањем или окретањем. Потребно је напоменути да се за овај покрет подразумева коришћење алата.

Четврти и последњи тип покрета је причвршћивање или олабављање. Он има константну вредност времена и користи се за почетни покрет, док се за наставак користе други кодови.

Када говоримо о методама, она која не може избећи, невезано за то о којој се производној делатности говори, свакако је метода покретања читавог тела. Ови покрети су дефинисани покретима окретања, премештања или савијања осе тела и могу се назвати и телесним покретима, уколико одређују време. Ова врста покрета састоји се од:

1) Ходања KA
2) Савијања, клечања и чучања KB
3) Седања и устајања KC

Први тип ових покрета је ходање и представља време за један корак који радник направи како би прешао дистанцу већу од једног метра.

Почетак овог типа покрета одређено је премештањем, односно окретањем осе тела, затим је следи прављење корака релевантних за време и за прелажење растојања до 1 м. Крај се означава доласком на одредиште.

Ако је потребно носити тежине веће од 8 дан или гломазне терете приликом пењања уз степенице или мердевине, код се броји по степенику са фреквенцијом 2, из разлога што се пре пењања на наредни степеник мора повући друга нога и на тај начин обезбедила равнотежа са обе ноге на степенику.

Body Motions	Code	TMU
walk / m	KA	25
bend, stoop, kneel (incl. arise)	KB	60
sit and stand	KC	110

Слика 31. *Кодови за покрете тела*

Одређена је просечна статистичка вредност за један метар ходња на основу доминантног нивоа методе. Више се не доводе у везу појединачни телесни покрети (корак, искорак у старну или окрет тела). Једини критеријум анализе је растојање, док је начин на који се оно прелази потпуно ирелевантан. Сваки нови пређени метар одређен је још једном фреквенцијом унутар кода.

Окрети тела који су већег интензитета од 90° оцењују се учесталошћу од 1. У случају наредног корака, окретање тела се врши током првог кода и већ је унапред обухваћено у саставном елементу.

Савијање, сагињање или клечање укључују све потребне покрете за спуштање тела из усправног положаја и поновно дизање у исти. Почиње спуштањем тела, пропраћено је свим неопходним покретима трупа и тела и колена и завршава се у моменту када тело поново достигне усправни положај.

Седање и устајање обухвата спуштање тела до седишта и враћање тела из седећег у стојећи положај, укључујући све неопходне помоћне покрете, као што је приближавање или гурање столице уназад.

Утврђена је просечна вредност овог кода (KB). Она се заснива на основним покретима МТМ-1. Појединачни покрети који су садржани у нагињању осе тела се не разматрају одвојено. У пракси се често сусрећемо само са савијањем и сагињањем. Клечање на оба колена и подизање рачуна се као *KB* са учесталошћу 2.

Последњи, али не и најмање битан метод је визуелни преглед. Он се дефинише као извршавање операције прегледа очима у циљу доношења одлуке. Стартује вршењем покрета очију, према месту прегледа, а врше се после прекида или краја друге основне операције. Овај покрет подразумева померање погледа на место прегледа, као и одлуку да/не, и враћање погледа на почетну тачку.

Visual Inspection	VA	15

Слика 32. *Код за визуелни преглед и контролу*

Нормално инспекцијско поље представља растојање од 40 cm од оператера и радијуса је 5 мм. Визуелни преглед углавном подразумева контролу. Задатак је уочити карактеристике неког предмета који треба проверити у смислу да ли задовољава критеријуме траженог квалитета.

Доказано је да се у оквиру нормалног видног поља могу истовремено уочити највише 3 карактеристике контроле. Овај максимум представља се као један код у анализи.

Пример: Анализирати и преконтролисати 6 отвора на предмету пречника 10 cm.

6 отвора → 3(max) x 2 → 2 x VA

→ TMU = 15 x 2 = 30 = 1,08 секунди

Саставни елемент процеса визуелног прегледа анализира се само уколико представља комплетну и засебну основну операцију. Читање до 3 цифре, знакова и речи са до 3 слога, као и једноставних симбола анализирају се са фреквенцијом 1.

Карактеристике прегледа које захтевају потпуну концентрацију на појединачне карактеристике и које се морају прегледати редом једна по једна, имајући у виду да се ради о предмету у оквиру нормалног видног поља, означавају се са појединачним кодом *VA* за сваку карактеристику.

Пример: Прегледати ивице 4 отвора и утврдити да ли су исти као на скици.

4 отвора (анализа сваког понаособ) → 4 x VA

→ TMU = 15 x 4 = 60 = 2,16 секунди

Додатна правила која утврђују систем МТМ-а за визуелну контролу су:

- Преглед предмета или алата током операције постављања, како је описану у саставним елементима узимати и постављати, као и у методи рад са помагалима, не користи додатне анализе и кодове за визуелни преглед.
- Одлуке да/не за тачно постављање су већ садржане у саставним елементима узимати и постављати, затим у методи постављања, као и у раду са помагалима и управљању.
- Постављање које обухвата операцију визуелног прегледа већ је обухваћено у управљању, тачније у случају сложеног управљања.

4. Увођење МТМ алата у компанију „Wacker Neuson“

Основни задатак МТМ одељења у фирми „Wacker Neuson“ био је имплементација свих ових кодова у циљу спровођења унапређења и већег степена сатурације. Стратегијски план био је фокусиран на спровођење анализа за сваку производну линију у погону и свако постојеће радно место. Да би се овај стратегијски план остварио, било је потребно подржати га оперативним плановима.

Прва идеја била је мотивација запослених како би променили начин размишљања и прихватили концепт МТМ пројекта. Затим је било потребно извршити тренинг и обучавање кадрова, како би сви могли да помогну у реализацији овог плана.

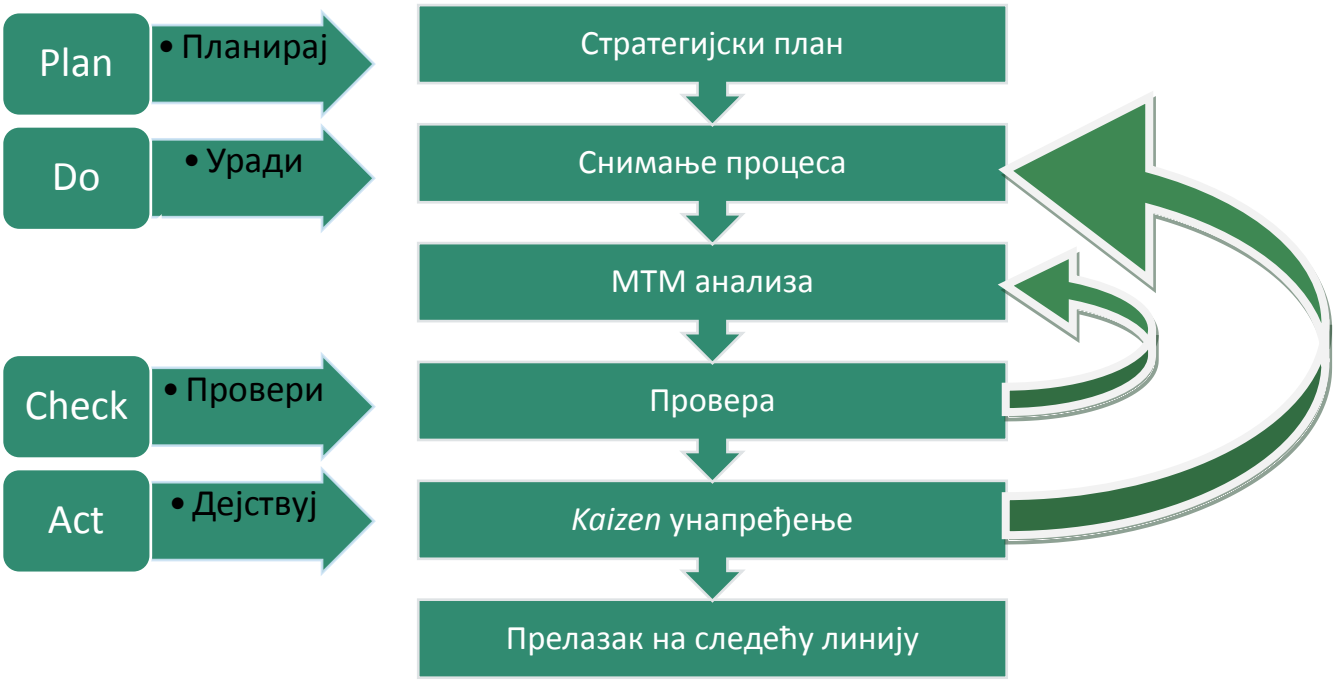
Када би се анализа одређених процеса на једној линији успешно извршила, било је потребно применити је како би се обавило балансирање и оптимизација активности. Овај део плана био уско је повезан са тзв. рузинзима, односно новим временима која су донета анализом. Део плана тицао се и доношењем и прихватањем нових идеја добијених од свих запослених, без обзира да ли је идеја проистекла из канцеларија менаџмента, или са радног места у погону. Охрабривање како би се донеле нове идеје може послужити свима, јер се на тај начин најефективније унапређују производни процеси.

Елементи пројектног плана подразумевали су следеће:

- Обезбеђивање стручњака за МТМ
- Обука нових чланова и упознавање са МТМ-ом
- Прибављање видео материјала и документације, као и њихову анализу
- Пуна подршка пре свега производње, затим процесних инжењера и одељења за имплементацију lean-а
- Анализирање стандардног времена рада и упоређивање анализа
- Планирање рока завршетка радова (по фазама)

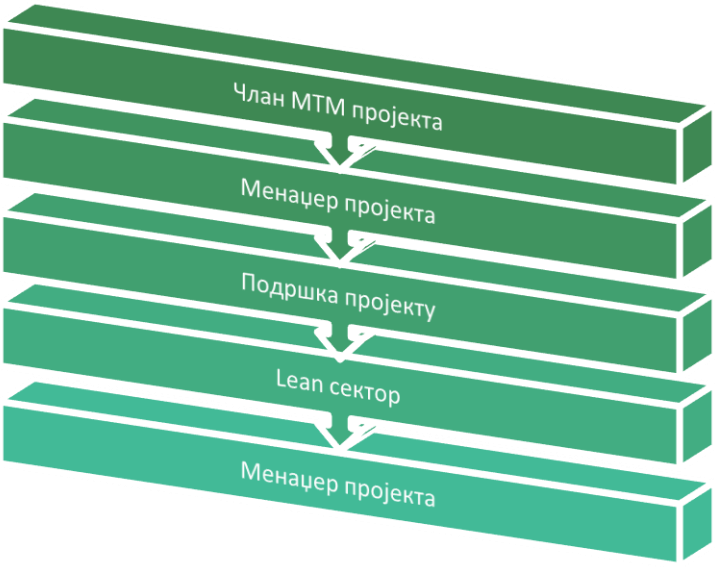
Предузећа у свим индустрија суочавају се са изазовом како да контролишу неизвесност у потражњи за производима и услугама, нестабилну динамику тржишта и ограничену предвидљивост будућег развоја. Ово захтева велику промену у самој организацији. МТМ у „Wacker Neuson“-у пружа поуздану базу података за приоритетне активности побољшања и планирања фабрике. На основу ових података, мерљиве и праћене оптимизације које се имплементирају брзо ће постати уочљиве кроз повећање продуктивности.

МТМ подржава развој правог концепта управљања процесом и контролу расподеле људских ресурса. Знање створено анализом документује се на одржив начин и целокупно постројење може достићи пуну анализу, побољшњати балансирање линија и процесе унтар њих. Након краткорочног периода, анализе и подаци постају основа за планирање производних процеса у фабрици.



Слика 33.а) *Матрица одговорности унутар МТМ пројекта (PDCA у пракси)*

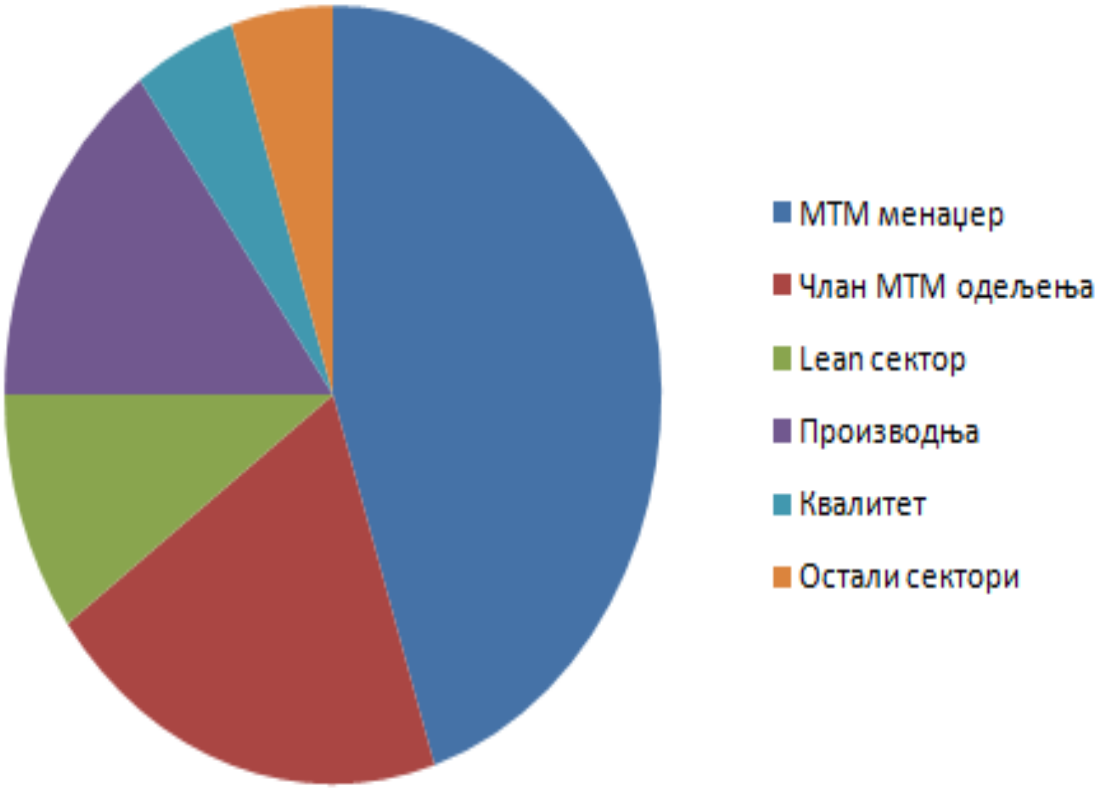
Имплементацијом МТМ-а отварају се могућности развоја сектора индустријског инжењерства, као и комуникација са делом фирме која се бавила искључиво увођењем Lean система у фирму. План подразумева увођење система предлога и сугестија, као и утемељивање система здраве конкурентности и награђивања.



Слика 33.б) *Матрица одговорности према хијерархији*

Увођење МТМ-а може се приписати свим секторима, али је потребно коришћење дијаграма који је настао практичним искоришћењем теоријских знања. Битно је знати ко има највећи утицај на доношење оваквих промена, како би се знало од кога шта треба очекивати и у коликој мери.

На представљеном дијаграму приказан је однос критеријума унутар фирме и на легенди су приказани сви чланови који имају утицаја на доношење промене.



Слика 34. *Подела утицаја ентитета по критеријуму унутар подршке пројекту*

График са слике 34 представља нам у који ентитети и у којој мери имају обавезу да имплементирају овај алат. У складу са тим, повећањем обавезе према МТМ-у пропорционално расте и утицај одређеног ентитета на одлуке организације.

4.1. Активности и операције у фирми „Wacker Neuson“

Раније је било речи о врстама активности. Утврђено је да постоје три врсте активности: активности које додају вредност, активности које не додају вредност и оне активности које не додају вредност, али су неопходне да би се производ/услуга креирала.

Активности у оквиру немачке компаније лоциране у Крагујевцу имају исте теоријске корене и важе сва општа правила. С обзиром на то да се фирма бави производњом металних конструкција и елемената за грађевинска возила, активности и блокови за кодове прилагођени су у том маниру. Према документацији која је осмишљена, активности су распоређене у складу са главном теоријском поделом. С тим у вези, активности које додају вредности (W-VAA) су:

- Активности везане за састављање делова
    1. Узми и постави
    2. Постави
- Активности везане за постизање квалитета (неопходног)
- Трансформације, нпр:
    1. Завртање вијака
    2. Затезање
    3. Лепљење
    4. Спајање
    5. Заваривање

Активности које се дефинишу као парцијални губитак (S-SVAA), односно нужне активности које не додају вредност производу у предузећу су:

- Подизање, нпр:
    1. Транспорт краном
- Постизање квалитета (није неопходна активност), нпр:
    1. Провера мерењем
    2. Визуелна провера
- Обрада података, нпр:
    1. Уношење података
    2. Забележавање информација
- Остале активности:
    1. Транспорт путем колица
    2. Транспорт ручним палетарима

Трећа врста активности (N-NVAA), она која доноси губитке дата је у виду активности које не доносе вредност производу, односно активности које купац није спреман да плати.

Активности које не доносе вредност производу можемо разврстати према следећим активностима:

- Паковање и отварање
- Кретање
- Тражење
- Покрети тела:
    1. Савијање/клечење/сагињање
    2. Седање и устајање
- Чекање
- Управљање:
    1. Задржавање делова
    2. Чување готових елемената
- Чишћење

Ово су биле све активности које су се могле наћи и које се примењују у овој фирми. То значи да свака анализа садржи ове покрете и сваки покрет има одговарајући код. Кодови у свакој фирми изгледају другачије од основних кодова који су били објашњени, али је принцип потпуно исти.

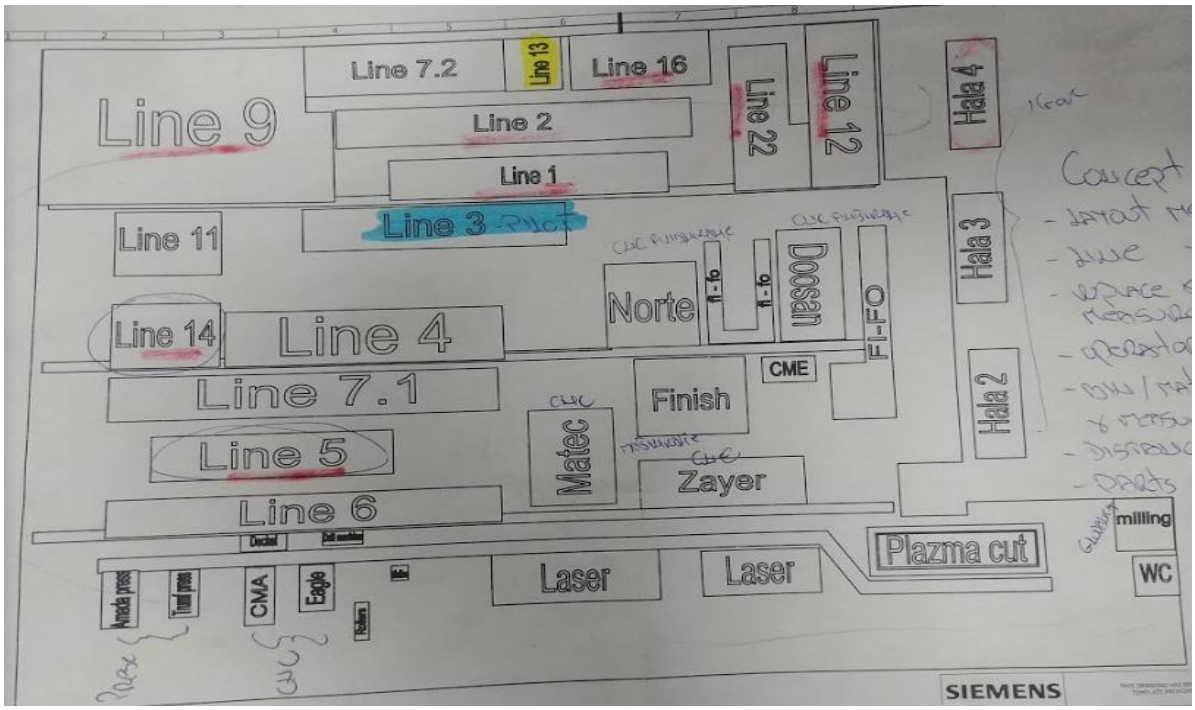
Интерни кодови се стварају из разлога што могу обухватити више активности које у одређеној грани индустрије увек иду заједно. Из тог разлога, блокови у „Wacker Neuson“-у почињу од Б нивоа. Интерни кодови садрже елементе једне или више активности, у зависности од радног места.

4.2. Основе о погону „Wacker Neuson“-а

Конкретно, фирма се састоји од погона, односно производње и канцеларија, односно менаџмента, планирања, логистике, процесних инжењера и осталих сектора. Циљ МТМ-а је побољшање производње и из тог разлога овај рад се неће базирати на остале секторе предузећа. У оквиру погона налазе се производне линије и сектор за производњу полупроизвода. Свака линија има одређени број станица, у зависности од димензија и комплексности финалног производа, броја операција и броја различитих производа. Станице су подељене на основу задужења и радних процеса које треба обавити.

Принцип рада је такав да се на сектору за производњу полупроизвода (временом се усталио енглески израз semi-finish, а још чешће се користи скраћеница (SF)) израде делови који се транспортују на линије. Задатак оператера на линијама је да саставе тражени финални производ из три етапе. Свака линија подељена је на почетну операцију – склапање, средњу – заваривање и финалну – чишћење. За сваку од ових операција постоји посебно радно место (названо и бокс (box – енг. кутија)), где се делови обрађују.

На слици је дата схема погона у основној хали, са скицираним машинама, линијама и *SF*-ом. Фирма поседује чак 6 *CNC* машина, 2 пресе, 2 ласера и једном машином за обраду плазмом. Све машине се користе искључиво за сечење челика.



Слика 35. *Скица предузећа са унутрашњим распоредом погона*

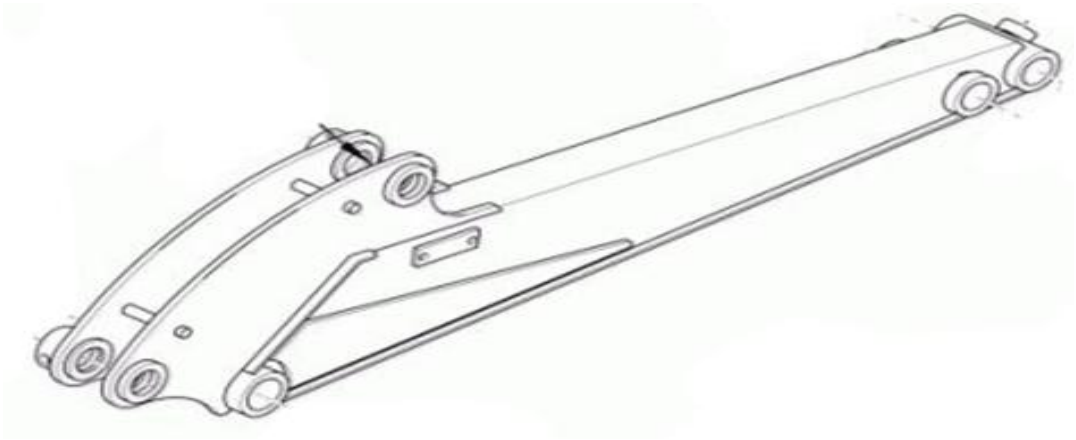
Поред тога, у погону се налази и *FIFO* линија која се спомињала у другом поглављу, као и машине за испирање финалних производа. У приказаној хали налази се и одсек за контролу квалитета.

Број линија није константан и стално се мења, јер се сваком МТМ и Lean анализом побољшава и оптимизује производња и како би се постигли бољи резултати долази до премештања линија, дељења и спајања операција. Осим ове, компанија има још две велике хале и једну малу. Што се великих хала тиче, једна је формирана од линија и канцеларија, а друга има две намене: ту се налази главно складиште и тренинг центар за обуку заваривача. У малој хали смештена је алатница и одсек за прављење осталих помагала за рад.

Од почетка имплементације МТМ-а до краја септембра обрађено је 7 линија и започета 8. Почетна линија била је линија број 1 и даље је анализа ишла редом. Иако на скици нису све линије распоређене растућим низом, одељење МТМ-а се потрудило да овај ред испоштује.

Што се самих линија тиче, свака има задатак да направи одговарајући производ и не могу се наћи два иста производа са различитих линија. Линију предводи лидер и у комуникацији са њим, МТМ може договорити и заказати снимање. По завршетку анализе, формира се састанак који има за циљ да окупи све релевантне чланове које би требало да занима унапређење одређене линије. Присуство лидера линије је обавезно, јер се из погона могу добити најбитније информације и евентуалне иновације које ће учинити производњу ефективнијом.

Производи, иако разноврсни, на линијама које су обрађиване пројектом МТМ-а од јула до септембра имају сличности. Углавном се састоје из две целине. Једну целину представља тзв. кутија, која је састављена од 4 стране које имају димензије плоче. Другу целину чиниле су тзв. лаше, које су биле пупуњене цилиндрима, као што је приказано на слици.



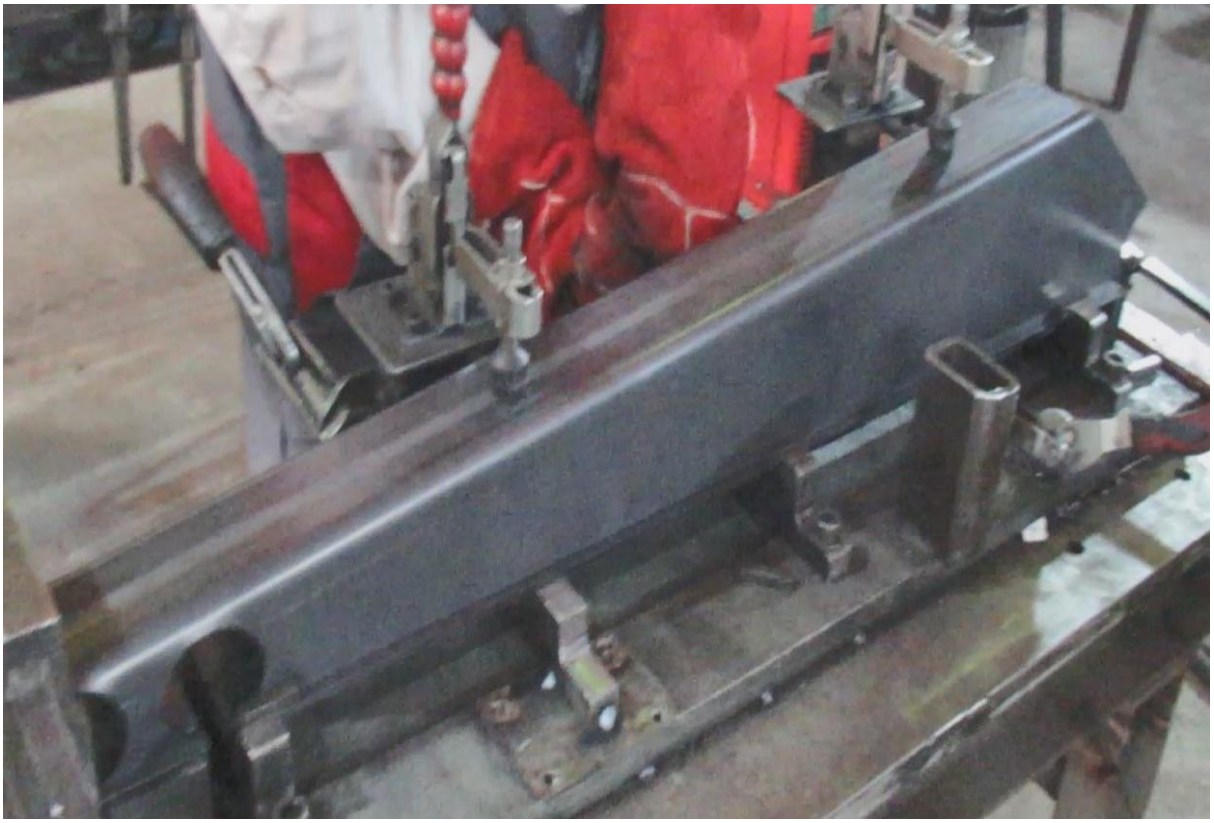
Слика 36. *Модел Löffelstiel 803*

Поред лаша, кутије и цилиндара, модели су пројектовни са ојачањима. Ојачања су се налазила, у складу са техничким цртежом, на појединим моделима само једне стране, на некима са две, а на некима и са свих страна. План снимања је јако битан за почетак имплементације МТМ-а. Потребно је снимити сваку уникатну операцију. Операције које имају сличности са осталима са линије могу се искористити и може се извршити снимање само активности које се разликују у операцијама. Операције могу трајати од 5 минута до чак 2 и по сата одједном. Ово зависи пре свега од димензија делова.

4.3. Снимање операција у оквиру МТМ-а

На склапању оператер има задатак да привари делове формирањем електричног лука. Техника приваривања је слична као и код заваривања. Циљ приваривања је прилепити два челична елемента како би се формирао један склопљени полупроизвод. Оно што разликује приваривање и заваривање је време трајања електричног лука. Код приваривања операција траје свега једну до две секунде.

Оператер има задатак да пронађе одговарајуће елементе који формирају тражени финални производ за ту операцију и затим их попакује у алат који моделу одговара. Он користи разне врсте стега, пајсера и осталих алата за позиционирање како би поставио елементе на прописана места. На следећим сликама биће приказан процес склапања на линији 5, производа *Löffelstiel 803.*



Слика 37. *Позиционирање модела Löffelstiel 803 у алат*

За време снимања ових процеса веома је битно имати руке оператера у кадру, како би анализа била прецизна. Када се комад добро позиционира следи операција приваривања. Ова операција се обавља у пар тачака, како би се имобилисали делови и спојили у један склоп.

Након приваривања кутије, потребно је спојити и елементе доњег дела финалног производа. То се обавља у пар тачака, и на тај начин се везују лева и десна старна кутије за њено дно, као што је приказано у наставку:

Слика 38. *Операција склапања производа Löffelstiel 803*

Затим следи приваривање лаше, односно горњег дела и то радник обавља такође у неколико тачака, притом водећи рачуна да на почетку обави операцију спајања цилиндара за лашу (слика 39).

Слика 39. *Приваривање лаше*

Када се обави ова операција, део се транспортује у следећи бокс, где се врши наредна операција, која такође припада процесу склапања финалног производа.

Иако варови трају пар секунди, не препоручује се гледање у вар без коришћења маске. На следећој слици оператер поставља горњи део елемента (лаше) у одговарајућу позицију за склапање.

Као што се може приметити на слици, оператер повезује кутију са лашом применом технике приваривања.

Слика 40. *Операција склапања производа Löffelstiel 803*

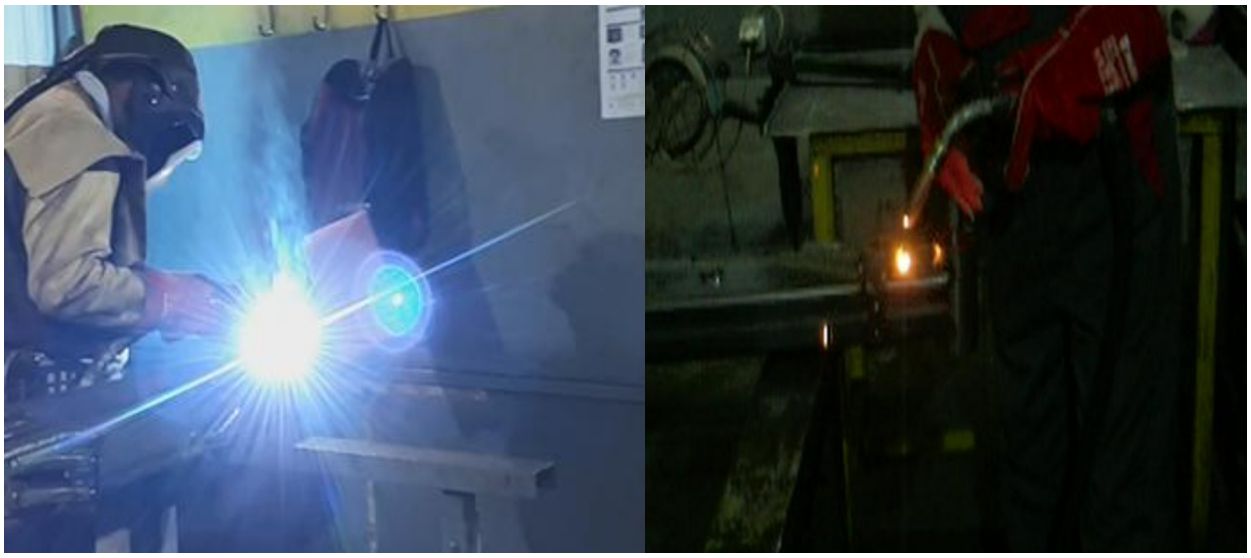
По завршетку операције, радник врши визуелну проверу комада, попуњава чеклисту и транспортује део у складиште за следећи бокс. Операција склапања дела са претхнодних слика трајала је у 7 минута и 22 секунде, што је према МТМ-у било доста мање него прописано, тако да није било потребе ништа мењати, а радник је могао да искористи више времена паузирајући.

У следећем боксу радник започиње заваривање. Поједине линије имале су измешан распоред, те је редослед операције био – склапање, заваривање, склапање, заваривање, чишћење. Разлог за то је био што је на одређеним местима било потребно прво склопити лаше и заварити горњи део, па тек онда склопити кутију. После склапања кутије, на ред би дошло склапање целог финалног производа, који би након тога морао да се завари.

Битно је рећи да је код заваривања неопходно носити маску за заваривање, јер у супротном може доћи до великих проблема уколико су очи дуго изложене вару. Тада настају тегобе, мучнина, бол у очима и глави, ствара се осећај песка у очима итд. У тим случајевима, капи за очи могу бити од користи.

Заваривање је унапред прописано и тачно се зна када се који део заварује. На операцијама на којима се заварују елементи великих димензија заваривање се дели у два или више тактова. Код оваквих елемената, распоред операција игра пресудну улогу јер је могуће да заваривање у првом такту изводи један, а у другом други радник.

Тада се у првом такту заварују углавном ојачања и спољашњи варови, затим следе дужни варови, који одузимају највише времена и на крају се заварује изнутра. Приказ заваривања дат је у наставку:



Слике 41. и 42. *Заваривање комада Löffelstiel 803 (лево)*

и заваривање Löffelstiel Lang E14 (desno)

Када се операција заваривања заврши, понавља се исти процес као и код склапања – оператер проверава комад, ако је потребно очисти га четком док је вар још увек свеж, попуни чеклисту и транспортује на следећу станицу, а то је чишћење.

Чишћење представља финалну фазу у погону, где је главни задатак обрадити оштре ивице, очистити од нечистоћа, страних елемената, вишка материјала и сл. Код операција чишћења ствара се велика бука и зато је неопходно носити чепиће за уши. Код операције чишћења највише се користе брусне плоче различитих типова. Постоје и брусне плоче које служе за сечење, као и брусне плоче за грубу и најфинију обраду.

Слика 43. *Чишћење предмета обраде*

Оператер по добијању производа најпре користи плочу за грубе обраде и када заврши са грубим радовима мења је, углавном финијом брусном плочом или плочом за сечење.

Поред брусних плоча, користе се и разни метални елементи у виду четки за стругање неравнина, као и хидраулични чекић који великом брзином удара у предмет обраде не оштећујући га притом.

Слика 44. *Операција чишћења хидрауличним чекићем*

Када се предмет обраде очисти од свих вишкова, кад се ублаже оштре ивице и када се скину нечисте примесе, оператер контролише део, попуњава чеклисту и транспортује га даље.

Следи провера мера и контрола квалитета у односу на технички цртеж. Ако сви процеси покажу да је финални производ квалитетно обрађен, он се шаље даље на пескарење и фарбање, а затим следи његово пласирање.

Код чишћења изузетно је важно испитати све мере и обратити пажњу да предмет добије тражени квалитет дефинисан техничким цртежом. Постоји могућност да након што изврши контролу, чистач утврди да предмет није добро заварен. У тим случајевима он има две могућности. Прва могућност је враћање у претходни бокс или бокс који је задужен за одређену операцију заваривања, како би се та операција урадила на тражени начин; друга опција је примена апарата за заваривање у боксу за чишћење, где чистач сам обавља операцију дораде. Друга могућност постоји само уколико је чистач прошао обуку заваривања и постоји документовани извештај о његовом знању из те области.

Слика 45. *Чишћење металном четком*

4.4. Анализа снимака и оптимизација процеса

Када се обави снимање свих операција, почиње процес анализе снимака. Прати се видео запис и сваки покрет оператера се бележи. Битно је записати сваки процес и не превидети ниједан, јер се онда може десити да резултат у виду времена испадне много мањи него што је добијен на снимку, а то значи да ће радник морати да утроши много више енергије да би надокнадио нешто за шта није крив. Ситуације где се превиди активност се често дешавају, поготово у почетку бављења МТМ-ом. Зато је потребно редовно обраћати пажњу на минутажу снимка и поредити је са минутажом добијеном преко кода. Табела кодова „Wacker Neuson“- представљена је у наставку, а њени елементи су метод, маса, начин остављања, код, временски интервал и врста активности. Други део табеле служи појашњењу шта се све налази унутар једног Б блока кода. [25]

Метод представља већ познату променљиву, у примеру је дат најједноставнији случај – узми и (п)остави. Друга колона представља масу и ту се може приметити разлика у односу на основне елементе UAS система, где је коришћена тежина. Остављање, односно начин остављања дефинисан је кроз два случаја – још једна олакшавајућа околност у односу на основни систем, где је постојала још једна опција код одокативног нивоа најлакше масе. [25] Ради упрошћавања анализе, то је у овом случају избачено. Код се разликује и то је највећа предност ових блокова. Он заправо садржи све активности везане за узимање. ET2 и ET3 делови А кода односе се на додате вредности које замењују дистанцу, што је још једна олакшавајућа околност. Дистанца се мења тако што у коду мењамо ET, уколико за то има потребе, али није препоручљиво мењати, јер је све већ прилагођено оваквом начину анализе.

Систем који се користи за уписивање кодова и операција је *SAP, а* програм унутар њега који служи за анализу зове се Ticon (Тајкон). Наведена табела представља само један делић великог система кодова и дата је као пример само једне методе. Из ове табеле потребно је само преузети код за потребну радњу, а Тајкон ће сам препознати о којој се врсти активности ради. Што се тиче осталих поља у програму, која нису аутоматски попуњена уношењем кода, шта год да се унесе, неће променити изглед табеле. Оно што је битно је да аутоматско уношење осталих поља након уношења кода показује какав је тип активности по среди.

Тајкон такође сабира све вредности времена и на дну табеле показује тотално време у TMU јединицама. Потребно је само помножити га са 0,036 и добија се број секунди. Дељењем са 60 добија се број минута. Ово је корисно јер се на крају анализе може упоредити минутажа саме анализе са реалном минутажом са снимка.

Табела нам даје представу о јединицама времена, тако да и ако се јави несигурност у то који код теба изабрати, увек постоји опција претварања у секунде.

Метод	Маса	Остављање	Код	*TMU*	BA	A-код	Опис кода	*Q*	*F*	*Total*
Узми и остави	≤ 1 kg	Одокативно	BMHAKU	31	VAA	AA1	Узми и остави - Лако	1	0.50	0.006
						AD1	Узми и остави - Тешко	1	0.50	0.006
						ET2	" + uzmi i ostavi "	1	0.25	0.002
						ET3	" + uzmi i ostavi "	1	0.25	0.005
		Прецизно	BMHAKG	46	VAA	AB1	Узми и остави - Лако	1	0.50	0.009
						AF1	Узми и остави - Тешко	1	0.50	0.012
						ET2	" + Узми и остави "	1	0.25	0.002
						ET3	" + Узми и остави "	1	0.25	0.005
	> 1kg ≤ 8kg	Одокативно	BMHAMU	36	VAA	AH1	Узми и остави >1 < 8kg	1	1.00	0.015
						ET2	" + Узми и остави "	1	0.25	0.002
						ET3	" + Узми и остави "	1	0.25	0.005
		Прецизно	BMHAMG	56	VAA	AJ1	Узми и остави - Средње	1	0.50	0.012
						AK1	Узми и остави - Тешко	1	0.50	0.015
						ET2	" + Узми и остави "	1	0.25	0.002
						ET3	" + Узми и остави "	1	0.25	0.005
	> 8kg ≤ 22kg	Одокативно	BMHAGU	91	VAA	AL1	Uzmi i postav i> 8kg	1	1.00	0.048
						ET2	" + Узми и остави "	1	0.25	0.002
						ET3	" + Узми и остави "	1	0.25	0.005
		Прецизно	BMHAGG	119	VAA	AM1	Узми и остави - Средње	1	0.50	0.029
						AN1	Узми и остави - Тешко	1	0.50	0.036
						ET2	" + Узми и остави "	1	0.25	0.002
						ET3	" + Узми и остави "	1	0.25	0.005

Табела 7. *Интерни Б блокови фирме*

Поред ове табеле, постоји и табела за све основне кодове, али и за мноштво изведених, као што су: позиционирање и тестирање, обележавање и обрада података, операције са различитим врстама стега, завртање вијака, заваривање, обрада предмета на разним машинама, чишћење, паковање, транспорт, контрола, стављање заштитне опреме и опреме за рад, вожње, инсталације електричних уређаја, постављање цеви, процеса припреме радног места и још много других.

На почетку сваке анализе користе се кодови за облачење униформе. С обзиром на то да радник не ставља униформу пре сваког комада, јавља се предност у старту, што је и циљ МТМ-а, јер се претпоставља да радник није све време расположен за рад, одморан и мотивисан. Након првих кодова, уписују се кодови за транспорт. Ови кодови су, иако слични, за сваки комад другачији. Разлози за то су разни – комад није на месту где треба да буде, кран који служи за транспорт је заузет, радник користи кран који му је тог тренутка ближи, иако то није део радног упутства.

Са друге стране, нису ни сви производи исти. За неки је потребно користити кран, док је за лакше производе могуће понети у рукама. Финални кодови за транспорт једног елемента изгледају овако:

816	Idi po daljinac krana / Go to get crane controler	BMKGM		5* 1,0	0,01500	0,07500	0	0	N-NVAA_WALK	TRAN
817	Prihvati i odlozi daljinac krana / Handling crane control (pick up; single operate, lay down)	BMTKSA		1 * 1,0	0,05700	0,05700	0	0	S-SVAA_HOIS	TRAN
818	Kreni sa praznom dizalicom 1m / Go with empty crane 1m	BMTKHSSSE		1 * 1,0	0,07125	0,07125	0	0	S-SVAA_HOIS	TRAN
819	Dalje kretanje sa praznom dizalicom 1m / Continue to walk with empty crane 1m	BMTKHSSSW		1* 1,0	0,02625	0,02625	0	0	S-SVAA_HOIS	TRAN
820	Zakaci kuku za element / Hang hook on element	BMTKEH		1 * 1,0	0,05700	0,05700	0	0	S-SVAA_HOIS	TRAN
821	Prihvati i odlozi daljinac krana / Handling crane control (pick up; single operate, lay down)	BMTKSA		1 * 1,0	0,05700	0,05700	0	0	S-SVAA_HOIS	TRAN
822	Podigni komad kranom (~1m) / Up with load and high control effort (~1m)	BMTKHKHMOE		1* 1,0	0,25400	0,25400	0	0	S-SVAA_HOIS	TRAN
823	Kreni sa teretom 1m / Drive the crane first meter(with load, low control effort)	BMTKHSSSE		1 * 1,0	0,07125	0,07125	0	0	S-SVAA_HOIS	TRAN
824	Kreni jos 4m / Drive 4m	BMTKHSSSW		4* 1,0	0,02625	0,10500	0	0	S-SVAA_HOIS	TRAN
825	Spusti komad na sto (~0.3m) / Lower with load and high control effort (~0.3m)	BMTKHSHMM		0.3* 1,0	0,90833	0,27250	0	0	S-SVAA_HOIS	TRAN
826	Prihvati i odlozi daljinac krana / Handling crane control (pick up; single operate, lay down)	BMTKSA		1 * 1,0	0,05700	0,05700	0	0	S-SVAA_HOIS	TRAN
827	Kreni sa praznom dizalicom 1m / Go with empty crane 1m	BMTKHSSSE		1 * 1,0	0,07125	0,07125	0	0	S-SVAA_HOIS	TRAN
828	Dalje kretanje sa praznom dizalicom 2m / Continue to walk with empty crane 2m	BMTKHSSSW		2* 1,0	0,02625	0,05250	0	0	S-SVAA_HOIS	TRAN

Слика 46. *Кодови транспорта*

Idi po daljinac krana / Go to get crane controler
Prihvati i odlozi daljinac krana / Handling crane control (pick up; single operate, lay down)
Kreni sa praznom dizalicom 1m / Go with empty crane 1m
Dalje kretanje sa praznom dizalicom 1m / Continue to walk with empty crane 1m
Zakaci kuku za element / Hang hook on element
Prihvati i odlozi daljinac krana / Handling crane control (pick up; single operate, lay down)
Podigni komad kranom (~1m) / Up with load and high control effort (~1m)
Kreni sa teretom 1m / Drive the crane first meter(with load, low control effort)
Kreni jos 4m / Drive 4m
Spusti komad na sto (~0.3m) / Lower with load and high control effort (~0.3m)
Prihvati i odlozi daljinac krana / Handling crane control (pick up; single operate, lay down)
Kreni sa praznom dizalicom 1m / Go with empty crane 1m
Dalje kretanje sa praznom dizalicom 2m / Continue to walk with empty crane 2m

Разложени делови кода служе бољем разумевању читавог МТМ система. Сваки ред овог кода представља једну активност коју је оператер извршио. Тајкон пружа слободу да се унесе опис какав желимо у првој колони.

BMKGM	5* 1,0	0,01500	0,07500
BMTKSA	1 * 1,0	0,05700	0,05700
BMTKHSSSE	1 * 1,0	0,07125	0,07125
BMTKHSSSW	1* 1,0	0,02625	0,02625
BMTKEH	1 * 1,0	0,05700	0,05700
BMTKSA	1 * 1,0	0,05700	0,05700
BMTKHKHMOE	1* 1,0	0,25400	0,25400
BMTKHSSSE	1 * 1,0	0,07125	0,07125
BMTKHSSSW	4* 1,0	0,02625	0,10500
BMTKHSHMM	0.3* 1,0	0,90833	0,27250
BMTKSA	1 * 1,0	0,05700	0,05700
BMTKHSSSE	1 * 1,0	0,07125	0,07125
BMTKHSSSW	2* 1,0	0,02625	0,05250

Друга колона табеле резервисана је за код, трећа за фреквенцију и број истоветних операција, четврта је једнака јединичној вредности времена, док пета колона представља тражену вредност за наш случај (у првом реду оператер је извшио 5 корака, па следи да је 5*0,015 = 0,075 .

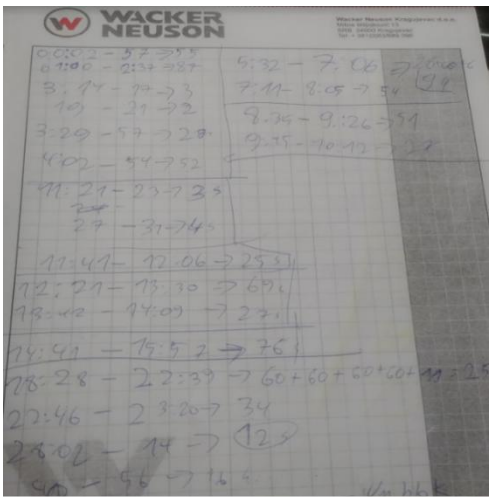
Такође, можемо видети да је програм препознао кретање као активност која не додаје вредност производу, али исто тако приметно је да је читав процес транспорта представљен као нужну активност.

У последњој колони означен је тип активности. Када се испише овај део кода, прате се и записују наредне активности радника. Саветује се груписање операција и отварање новог дела анализе када се заврши са првом групом.

Пошто је склапање увек први процес на линији, анализа се такође креће тим редоследом. За разлику од транспорта, где су све активности везане за један тип кода, код склапања долази до мешања различитих типова кодова – кретање, руковање апаратом за заваривање, савијање, привариваање, позиционирање, провера мера итд:

Privarivanje sa jedne bocne strane [05:32]								
Kretanje / Walking	BMKGM	1 * 1,0	0,01500	0,01500	0	0	N-NVAA_WALK
Dodatno rukovanje crevom varilice / Additi...	BSWNS	1 * 1,0	0,05100	0,05100	0	0	N-NVAA_HAND
Savij se tokom zavarivanja / Bend during w...	BMKHB	2* 1,0	0,03600	0,07200	0	0	N-NVAA_BOMO
Privarivanje u 8 tacaka / Prewelding in 8 po...	BSWHNA06E	1 * 1,0	0,06456	0,06456	0	0	W-VAA_TRAN
Nastavak zavarivanja / Continue welding (~...	BSWHNA06W	7* 1,0	0,03060	0,21420	0	0	W-VAA_TRAN
Pozicioniranje varilice / Placing welding mac...	BMHPZG	7* 2,0	0,01860	0,26040	0	0	W-VAA_PFA
Stavi i skini zastitne rukavice / Work safety ...	BMAKHW	1 * 1,0	0,13500	0,13500	0	0	S-SVAA_OTHE
Provera mera pomoću pomoćnog alata / C...	BMJPLW	1 * 4,0	0,03630	0,14520	0	0	S-SVAA_QAUN
Kretanje / Walking	BMKGM	2* 1,0	0,01500	0,03000	0	0	N-NVAA_WALK
Privarivanje caura [06:45]							
Privarivanje caure u 2 tacke / Prewelding ib...	BSWHNA06E	1 * 1,0	0,06456	0,06456	0	0	W-VAA_TRAN
Nastavak zavarivanja / Continue welding (~...	BSWHNA06W	3* 1,0	0,03060	0,09180	0	0	W-VAA_TRAN
Pozicioniranje varilice / Placing welding mac...	BMHPZG	1* 2,0	0,01860	0,03720	0	0	W-VAA_PFA
Dodatno rukovanje crevom varilice / Additi...	BSWNS	1 * 1,0	0,05100	0,05100	0	0	N-NVAA_HAND
Predji na drugu stranu / Go to other side	BMKGEA	1 * 1,0	0,02250	0,02250	0	0	N-NVAA_WALK
Privarivanje caure u 2 tacke / Prewelding ib...	BSWHNA06E	1 * 1,0	0,06456	0,06456	0	0	W-VAA_TRAN
Nastavak zavarivanja / Continue welding (~...	BSWHNA06W	3* 1,0	0,03060	0,09180	0	0	W-VAA_TRAN
Pozicioniranje varilice / Placing welding mac...	BMHPZG	1* 2,0	0,01860	0,03720	0	0	W-VAA_PFA
Savij se tokom zavarivanja / Bend during w...	BMKHB	2* 1,0	0,03600	0,07200	0	0	N-NVAA_BOMO
Kretanje / Walking	BMKGM	3 * 1,0	0,01500	0,04500	0	0	N-NVAA_WALK
Odlozi je / Place it	BMHPZG	1 * 1,0	0,01860	0,01860	0	0	W-VAA_PFA

Слика 47. *Кодови при склапању*



Слика 48. *Радна свеска са праксе*

Као што се може видети на слици, минутаже на почетку различитих група активности су потпуно импровизоване и нису резултат програмског решења, већ представљају прилагођавање програма што ефикаснијем начину коришћења.

На овом примеру се јасно може видети колики је удео свих типова активности. Иако највећи проценат представљају активности које додају вредност производу, још увек се може наћи место за унапређење и отклањање губитака.

Са леве стране приказан је изглед радне свеске која се користи за време израде анализе.

Начин рада је следећи: покреће се видео снимак и при почетку прве активности се зауставља и бележи се време. Затим се снимак наставља и траје док се не заврши започета активност. Када се активност заврши, видео се поново паузира и бележи се минутажа када је активност завршена. Затим се снимак пушта поново и описани процес се понавља.

Након операције склапања следи заваривање. Ова операција представља најлакшу операцију за анализу. Разлог за то су, пре свега, дужни варови, који могу да трају и до 2 минута, уколико је оператер веома способан. Поред дужних варова, операције које се изводе при заваривању су у просеку највећег временског интензитета, што подразумева мање пауза и бележења. Једна група активности заваривања табеларно приказује се овако:

Zavarivanje ojacanja sa strane [00:00]							
Idi do aparata za zavarivanje / Go to welding machine	BMKGM				3 * 1,0	0,01500	0,04500
Podesavanje parametara struje, napona i brzine dodavanja zice / Adjustment of electricity, v...	BSWEP				1 * 1,0	0,08100	0,08100
Kretanje / Walking	BMKGM				2 * 1,0	0,01500	0,03000
Privarivanje ojacanja na donjem delu komada / Welding of reinforcement on the bottom part...	BSWHNA06E				1 * 1,0	0,06456	0,06456
Nastavak zavarivanja / Continue welding (~3s)	BSWHNA06W				1 * 1,0	0,03060	0,03060
Dodatno pozicioniranje varilice / Additional placing of wm	BMHPZG				1 * 1,0	0,01860	0,01860
Privarivanje ojacanja na donjem delu komada / Welding of reinforcement on the bottom part...	BSWHNA06E				1 * 1,0	0,06456	0,06456
Nastavak zavarivanja / Continue welding (~2s)	BSWHNA06W				1 * 1,0	0,03060	0,03060

Слика 49. *Кодови при заваривању*

Операције које се могу приметити са слике очигледно се понављају. Систем је следећи – оператер иде до апарата и подешава параметре, затим прилази комаду и позиционира пиштољ. Након тога креће да заварује и то траје одређени период. Када заврши са заваривањем, наведене операције се понављају. Оно што може бити другачије у кодовима једино су интензитети времена заваривања и корака.

На самом крају налази се чишћење. Чишћење је операција коју је најлакше снимити, али најтеже анализирати. Разлог зашто је тешко бавити се овом анализом је што чишћење подразумева велике варијације и комбинације различитих алата и техника:

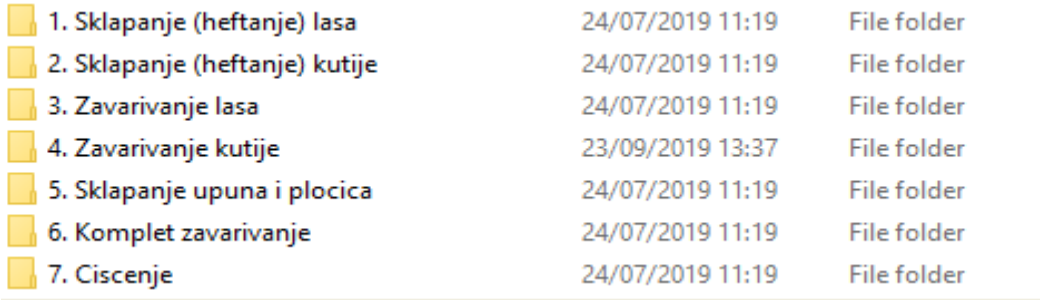
20	Brusenje jedne strane										CLEA	
21	Stavi i skini zastitne rukavice / Work safety put on and off gloves (with)	BMAKHW			1 * 1,0	0,13500	0,13500	0	0	S-SVAA_OTHE	CLEA	
22	Obrada sa jedne strane brusilicom / Grinding	BSZEMSE			1* 1.0	0,04005	0,04005	0	0	N-NVAA_CLEA	CLEA	
23	Dodatne tacke ciscenja - Additional spots for cleaning (~1min 12s)	BSZEMSW			80* 1,0	0,01500	1,20000	0	0	N-NVAA_CLEA	CLEA	
24	Pozicioniraj brusilicu / Place component tight (extra)	BMHPZG			4 * 2,0	0,01860	0,14880	0	0	N-NVAA_HAND	CLEA	
25	Savijanje / Bending	BMKHB			2 * 1,0	0,03600	0,07200	0	0	N-NVAA_BOMO	CLEA	
26	Kretanje od kraja, obaranje ivica do prelaska na drugu stranu lasa - Walking	BMKGM			6 * 1,0	0,01500	0,09000	0	0	N-NVAA_WALK	CLEA	
27	Obrada sa jedne strane brusilicom / Grinding	BSZEMSE			1* 1.0	0,04005	0,04005	0	0	N-NVAA_CLEA	CLEA	
28	Dodatne tacke ciscenja - Additional spots for cleaning (~1min 30s)	BSZEMSW			98* 1,0	0,01500	1,47000	0	0	N-NVAA_CLEA	CLEA	
29	Pozicioniraj brusilicu / Place component tight (extra)	BMHPZG			4 * 2	0,01860	0,14880	0	0	N-NVAA_HAND	CLEA	
30	Savijanje / Bending	BMKHB			2* 1,0	0,03600	0,07200	0	0	N-NVAA_BOMO	CLEA	
31												
32	Idi da odlozis brusilicu i da uzmes strugac / Go to leave grinding machine and get scrap...	BMKGEA			2 .5* 1,0	0,02250	0,05625	0	0	N-NVAA_WALK	CLEA	
33												
34	Ciscenje rucnim strugacem										CLEA	
35	Uzmi rucni strugac / Get scrapper	BMHAKU			1 * 1,0	0,01875	0,01875	0	0	N-NVAA_HAND	CLEA	
36	Idi do elementa / Go to element	BMKGM			1 * 1,0	0,01500	0,01500	0	0	N-NVAA_WALK	CLEA	
37	Struganje rucnim strugacem / rework welding spatter with tool (point) 6min	BSZVSSP			172* 1,0	0,03522	6,05784	0	0	N-NVAA_CLEA	CLEA	
38	Kretanje / Walking	BMKGM			10* 1,0	0,01500	0,15000	0	0	N-NVAA_WALK	CLEA	
39	Savijanje tokom brusenja / Bending during grinding	BMKHB			6* 1,0	0,03600	0,21600	0	0	N-NVAA_BOMO	CLEA	

Слика 50. *Кодови за чишћење*

Постоји доста отежавајућих околност код чишћења., које у многоме усложњавају процес анализе.

Још један пример сложености анализе код чишћења је што се може десити да чистач мора да доради одређени вар уколико види да је колега пре њега пропустио, или ако он случајно скине више материјала него што треба. Пошто је ово последња операција у низу, он мора највише обратити пажњу и преконтролисати део.

Све ово додатно усложњава процес анализе. Такође, тешко је обавити анализу чишћења јер се резултати ових операција најтеже примећују. Потребно је напоменути да се свакој од ових операција мора додати процес транспорта. Када се сви снимци и анализе сложе, добија се комплетна слика о једној производној линији. Јако битна ставка у МТМ анализи је добра организација. Сваки видео документ мора бити правилно именован и спакован у одговарајући директоријум. Иако звучи једноставно, велику конфузију може створити комбиновање двеју линија. Неретко се дешава да се снимак не може обавити истог дана, па се снимање заказује за пар дана унапред. Нарочита забуна може се појавити уколико постоји више снимака из истог бокса, али су различити елементи у питању. Ово се дешава често јер није потражња за свим деловима иста, а чекање на одређени део док се остали обрађују је губљење времена. Као пример добре организације може послужити организована анализа линије 5.



1. Sklapanje (heftanje) lasa	24/07/2019 11:19	File folder
2. Sklapanje (heftanje) kutije	24/07/2019 11:19	File folder
3. Zavarivanje lasa	24/07/2019 11:19	File folder
4. Zavarivanje kutije	23/09/2019 13:37	File folder
5. Sklapanje upuna i plocica	24/07/2019 11:19	File folder
6. Komplet zavarivanje	24/07/2019 11:19	File folder
7. Ciscenje	24/07/2019 11:19	File folder

Слика 51. *Уређени директоријуми анализе линије*

Са примера изнад можемо да приметимо да се линија састоји из 7 операција. Сваки директоријум јасно нам говори шта можемо очекивати у ком боксу на линији. Такође, видимо и којим током се креће материјал и како настаје финални производ. На овај начин добија се слика о читавој линији, што у многоме олакшава посао МТМ чланова.

5. Закључак

МТМ представља подсистем и уједно алат Lean система. Принципи који се користе у Lean-у везују се за филозофију Јапана, односно Тојоте као њиховог главног представника. Lean не означава само систем који се користи у индустрији, већ и у животу. Коришћењем неких алата и применом оваквог начина размишљања можемо бити много успешнији и ефикаснији у свим сферама. Алати који овај систем подупиру представљају круцијалну разлику између успешних и неуспешних организација.

Методе увођења овог принципа су бројни и сваки алат везује се за појединачну проблематику, али је опет присутна повезаност између свих у узајамном систему. Иако је систем настао од концепта куће са 2 стуба, каизеном у својој сржи, темељом који се састоји из набројаних ставки и најбољем квалитету са најмање губитака као циљем, данас постоји 10 пилара који сачињавају lean, који има много синонима и принципа који се разликују у нијансама. WCM, Six Sigma, TPS и многи други системи присутни су широм света и где год да се примени, доноси одличне резултате и у многоме побеђује конкуренцију. Сматрам да иако има пуно детаља, ова филозофија у бити јако једноставна. Свест о губицима и приступ њима јако је убедљив, јер је све лакше када се препозна проблем. Каизен као континуално унапређење, што произилази из Јапанске традиције представља други разлог успеха. Као трећи разлог навео бих однос према запосленима, јер је људски фактор најбитнији део фирме. Унапређења, инвоације и мотивација произилази из људског фактора. Тврдим да је мотивација уз сигурност најбитнији фактор сваког запосленог, а ако су запослени задовољни, циљеви се остварују без икаквих проблема.

Разлог за увођење МТМ-а као дела овог великог и успешног принципа је управо корак ка буђењу свести и новом начину размишљања. Уколико анализирамо и најмањи детаљ и успемо да унапредимо наизглед ситне активности, њиховим континуалним понављањем успешност и ефикасност се умножава огромном брзином. Управљање временом путем МТМ-а доноси кристално јасну слику о пословању једне фирме. Униформни стандарди који су једнаки свуда у свету могу да убрзају производњу, као и да олакшају комуникацију између потпуно различитих култура. Анализом, организовањем и дизајнирањем радних процеса и радних места, циљ је континуирано развијање производног процеса. Увођењем овог алата без потешкоћа се откривају слабе тачке методама рада, а када се проблем открије, лако се може решити, а самим тим и побољшати читава производња.

Спознаја lean концепта помаже у решавању веома компликованих система на једноставан начин. МТМ је управо алат који то омогућује. Унапређењем најједноставних покрета унутар операција, може се вишеструко унапредити и читава операција. МТМ нас наводи да се запитамо да ли је могуће да уклањањем једног покрета руке који представља непотребни вишак можемо повећати оперативност и донети већу профитабилност компанији. Одговор је потврдан, а разлог се може наћи у цикличности овог покрета. Због тога је МТМ постао тако широко распростањен у целом свету.

Литература

[1] Becker, Ronald M, Lean производња и Тојотин продуктивни систем, Енциклопедија светске биографије, Детроит, 1998.

[2]Lean концепт у управљању производом, И. Мачужић, М. Ђапан, Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, 2016.

[3] Еспараго Ромеро А, Kanban, Менаџмент производње и складишта, Научни магазин, 29.01.1988, страна бр. 6.

[4] Изван Канбан-а: Креирање и анализа lean предузећа – А. Бонвик, С. Гершвин, МИТ, Кембриџ, 1996

[5] http://www.cimlss.rs/kanban/, приступљено 05.03.2020.

[6] https://kanbanize.com/lean-management/improvement/what-is-poka-yoke/ приступљено 07.03.2020.

[7] Група аутора, Студије визуелног менаџмента: Емпиријска и теоријска разматрања, међународни часопис за рецензију менаџмента, 15.02.2013, стране 167-184.

[8] Група аутора, Фунцкије визуелног менаџмента, 2009, стране 201-219.

[9] Аријана и Анабела Алвес, Имплементација *pull* система путем FIFO линије у циљу синхронизације рада линија, Зборник радова са Међународне конференције о индустријском инжењерингу и управљању операцијама, издат 2012. године.

[10] Кристофер Р, Брже, лепше, јефтиније, Часопис Историја производње: од каменог доба до Lean производње и након ње, 2016.

[11] Мачужић И., Тодоровић П., Ђапан М., Инжењеринг безбедности и управљање ризиком, Крагујевац,

[12] Безбедност и здравље на раду 1 и 2, Група аутора БЗР Едукациони центар, Машински факултет у Крагујевцу, 2009

[13]https://www.best-selling-cars.com/global/2018-full-year-international-global-top-car-brands/, приступљено 27.04.2020.

[14] Вомак Ј.П, Џејмс П, Данијел Ц. и Данијел Р, Машина која је променила свет, МИТ, Бостон, САД, 2007.

[15] Џејмс Е, Скот А.Л, Риб, Упознавање са Lean производњом, Орегон, САД, 2010.

[16] Моен Р, Клифорд Н, Еволуција PDCA циклуса, Токио, 2006.

[17] Самолејева А, Посебности метарулшке индустрије за имплементацију Lean принципа, часопис Металургија, број 51.3, 2012, стране: 373-376.

[18] Васиљевић Д, Словић Д, Kaizen – јапанска парадигма пословне изврсности, ФОН, Београд, 2015.

[19] Ентони Ј, Чад Л, Елизабет К, Десет заповести Lean и концепта Six Sigma, публикација путем сајта *Emerald,* 2019.

[20] Мејнард Х, Густав Џ, Џон Ш, Метода-мерење времена, МИТ, Бостон, САД, 1948.

[21] http://mtm-international.org/history-of-mtm-1/, приступљено 25.04.2020.

[22] Морлод Ф, Обука МТМ-а на радном месту, часопис *Procedia,* 2017. година, стране 369-375.

[23] Група аутора, Електрографски знаци умора раменог мишића на радном месту добијени путем МТМ-а, скандинавски часопис Посао, окружење и здравље, 1992. година, стране 262-268.

[24] Група аутора пољске и немачке МТМ организације, МТМ – обука, Хамбург, 2012.

[25] Документација доступна у компанији Wacker Neuson

[26] Гиљерме Л, Студије случаја у оквиру МТМ и Lean система, Париз, 2016.