



---

Fakulteta za organizacijske vede

Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija  
Organizacija in management poslovnih in delovnih  
sistemov

# **IZBOLJŠEVANJE PROCESA ROČNE MONTAŽE KOMPLEKSNIH IZDELKOV Z METODO SIMULACIJE**

Mentor: doc. dr. Matjaž Roblek

Kandidatka: Maruša Miklavčič

Kranj, julij 2016

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Matjažu Robleku za vse usmeritve, pomoč in sodelovanje pri izdelavi diplomske naloge.

Hvala podjetju Iskra Mehanizmi in zaposlenim za sprejem in omogočanje izvajanja raziskovalnega dela.

Velika zahvala pa gre mami, očetu in bratu. Starša sta mi omogočila študij, vsi skupaj pa so me brezpogojno podpirali in verjeli vame, kar mi je bilo v veliko pomoč pri študiju.

## **POVZETEK**

Raziskovalno delo zajema preučevanje uporabnosti in smiselnosti uporabe simulacijskih orodij. Cilj raziskave je usmerjen k preverjanju uporabnosti simulacij pri analiziranju procesov na praktičnem primeru proizvodnega oddelka, kar bi lahko privedlo do izboljšanja procesov. Podjetja se v sodobnem času soočajo z izredno hitrim razvojem programskih orodij, ki so jim na voljo. Simulacijska orodja so uporabna, vendar zahtevajo uporabo večje množice podatkov z različnimi vrstami primerov. Iskali smo primerno in ugodno rešitev ter na uporabnem orodju postopoma prikazali vse predhodne faze, ki morajo biti izvedene pred simulacijo. Prikaz uporabe smo skušali nadgraditi z analiziranjem trenutnega stanja procesov v proizvodnem oddelku, pri čemer smo iskali posamezne parametre s »kaj če« scenariji, ki bi vplivali na spremembo oziroma na potencialno izboljševanje poslovanja v prihodnosti.

## **KLJUČNE BESEDE:**

- simulacijska orodja,
- analiziranje procesov,
- »kaj če« scenariji,
- izboljševanje poslovanja.

## **ABSTRACT**

The research consists from the study of applicability of simulation tools and its advisability of that applicability. The applicability of the simulation tools of the processes under investigation and their possible further improvement is considered on the case study. Companies are facing rapid development of software tools where simulation tools are useful if large databases with a wide range of different scenarios are available. For this purpose, simulation tools were investigated based on appropriate software tool, where all preliminary phases, required for the simulation, were gradually presented. Applicability of the simulation tools was upgraded by up to date status of the processes in production department, where singular parameters of "what if" scenarios, which could affect the change or present the possibility of the improvement of the operations in the future, were investigated.

## **KEYWORDS:**

- Simulation tools
- Analyzing processes
- "What if" scenarios
- The process improvement

## KAZALO

1.	UVOD .....	1
1.1.	PREDSTAVITEV PROBLEMA .....	1
1.2.	PREDSTAVITEV OKOLJA .....	1
1.3.	METODE DELA.....	2
2.	TEORETIČNA IZHODIŠČA.....	3
2.1.	PROIZVODNI PROCES .....	3
2.2.	SPREMLJANJE PROIZVODNEGA PROCESA .....	4
2.3.	POSNETEK STANJA - ANALIZIRANJE PROIZVODNEGA PROCESA .....	5
2.4.	MODELIRANJE PROIZVODNEGA PROCESA .....	6
2.5.	TEHNIKE IN ORODJA ZA MODELIRANJE .....	6
2.6.	SIMULACIJA .....	7
3.	METODOLOGIJA DELA.....	10
3.1.	UPORABLJENA SIMULACIJSKA ORODJA .....	10
3.1.1.	SIGNAVIO.....	11
3.1.2.	BIZAGI .....	11
3.1.3.	PROCESS SIMULATOR.....	12
3.2.	PROIZVODNI ODDELEK TYCO .....	13
3.3.	PLANIRANJE PROIZVODNJE TYCO .....	14
3.4.	POTEK PROIZVODNJE .....	16
3.5.	ZALAGANJE PROIZVODNJE.....	16
4.	ANALIZA PROIZVODNEGA PROCESA .....	18
4.1.	IZRAČUN ČASOV ZA DOKONČANJE ENEGA DELOVNEGA NALOGA.....	18
5.	OSNOVNI SIMULACIJSKI MODEL .....	20
5.1.	SIMULACIJA OSNOVNEGA MODELA .....	21
5.2.	VALIDACIJA OSNOVNEGA MODELA .....	22
5.3.	REZULTATI SIMULACIJE OSNOVNEGA MODELA .....	22
6.	»KAJ ČE« (»WHAT IF«) ANALIZA.....	25
6.1.	SCENARIJ 1 .....	25
6.2.	SCENARIJ 2.....	28
6.3.	SCENARIJ 3.....	30
7.	ANALIZA IN OCENA UPORABNOSTI SIMULACIJ.....	33
7.1.	SPREMLJANJE PROCESA IN IZBOLJŠAVE .....	33
7.2.	METODE IN TEHNIKE ZA IZBOLJŠEVANJE PROCESOV .....	33
7.3.	PRISTOPI NENEHNEGA IZBOLJŠEVANJA.....	34
7.4.	UPORABA SIMULACIJSKEGA ORODJA V REALNEM OKOLJU .....	34

8. ZAKLJUČEK .....	36
LITERATURA .....	37
ELEKTRONSKI VIRI.....	37
KAZALO SLIK.....	40

## 1. UVOD

Organizacije se v današnjem času in okolju borijo z mnogimi izzivi, ovirami in novostmi, ki jih prinaša sodobni čas. Vedno težje ekonomske in politične razmere ter vedno močnejša konkurenca jih silijo v stalno izboljševanje, prenove poslovanja, analiziranje procesov, iskanje napak itd.

Sočasno s tem rastejo tudi ideje in znanja, ki omogočajo uspešnejše poslovanje. Organizacije pridobivajo svojo prednost z izboljšavami in željo po nadgradnji. S tem utrdijo stabilnost na trgu.

Modeliranje in simulacije sta novejši metodi, ki omogočata optimizacijo posameznih procesov in posledično celotnega poslovanja organizacije. Z računalniškimi orodji na konkretnih primerih različnih področij poslovanja bolj podrobno, razumljivo in realno predstavimo problematiko posameznih procesov. Uporaba simulacijskih orodij še ni razširjena, je pa korak naprej že dejstvo, da podjetja spoznava nove metode.

Optimizacija procesov predstavlja vedno bolj ključen element pogleda v prihodnost za posamezno podjetje. S tem se izboljšuje obstoječe procese, vpliva na kritične dejavnike ter jih popravi ali spremeni. Pri tem je pomembno, da temelji procesa ostane enaki.

### 1.1. PREDSTAVITEV PROBLEMA

Diplomsko delo temelji na raziskavah v realnem okolju v okviru projekta. V času naše raziskave smo iskali pozitivne učinke, ki jih organizacija lahko pridobi z uporabo simulacijskih orodij.

Predpostavka za simuliranje sta natančna analiza procesa in izris modela, ki predstavljata ključne informacije. Številna podjetja imajo v današnjem času težave prav zaradi nepoznavanja in nerazumevanja posameznih procesov.

Tematika predstavlja aktualno področje, s katerim se vedno bolj ukvarjajo vsa podjetja, ki želijo izboljšati svoje poslovanje; morebiti s prenovo procesov, prenovo organizacije, z vpeljavo novih metod, uporabo novih programskih rešitev ali zgolj z boljšim spoznavanjem delovanja, ki ga pridobijo z analiziranjem procesa.

### 1.2. PREDSTAVITEV OKOLJA

Raziskavo smo opravili na primeru podjetja Iskra Mehanizmi. Sedež podjetja je v Lipnici na Gorenjskem. Podjetje deluje na področju števne tehnike, avtomobilske industrije, mehatronike in aparatov.

Zaposlujejo 540 delavcev v obratu v Lipnici in v Kamniku, kjer izdelujejo Philipsove gospodinjske aparate in aparate za osebno nego. Pod okrilje podjetja pa spada tudi hčerinsko podjetje v Bosni, kjer je zaposlenih dodatnih 100 ljudi. Tja so leta 2004 preselili del proizvodnje Philipsovih aparatov in časovnih števec, nadaljujejo pa selitve določenih oddelkov na tamkajšnji obrat.

Podjetje se vedno bolj usmerja na področje mehatronike in avtomobilske industrije. Kot glavno poslanstvo navajajo svoj slogan »Ponujamo rešitve«, s katerim želijo poudariti pomen novih znanj in razvoja.

Poudarek dajejo na inovativnosti, nenehnih izboljšavah procesov, kakovosti proizvodnje in varovanju okolja. Pomembni so jim zaposleni, kajti zavedajo se njihovega vpliva na uspeh poslovanja.

### **1.3. METODE DELA**

Raziskava je zahtevala uporabo različnih metod in orodij. Vključili smo orodja za analiziranje in popis procesov, grafično modeliranje, simuliranje procesa ter končno interpretacijo rezultatov osnovnega modela in različnih »kaj če« (angl. What if) scenarijev.

Posamezne uporabljene metode so predstavljene teoretično in praktično. Vključili smo jih v določenem vrstnem redu, kot je bilo potrebno glede na zastavljene cilje. Simulacije so izvedene na validiranem osnovnem grafičnem modelu. Predpostavki za validacijo sta natančna analiza in popis procesa. Za vse to pa je potrebno predhodno teoretično znanje in poznavanje uporabe simulacijskega orodja.



## 2. TEORETIČNA IZHODIŠČA

### 2.1. PROIZVODNI PROCES

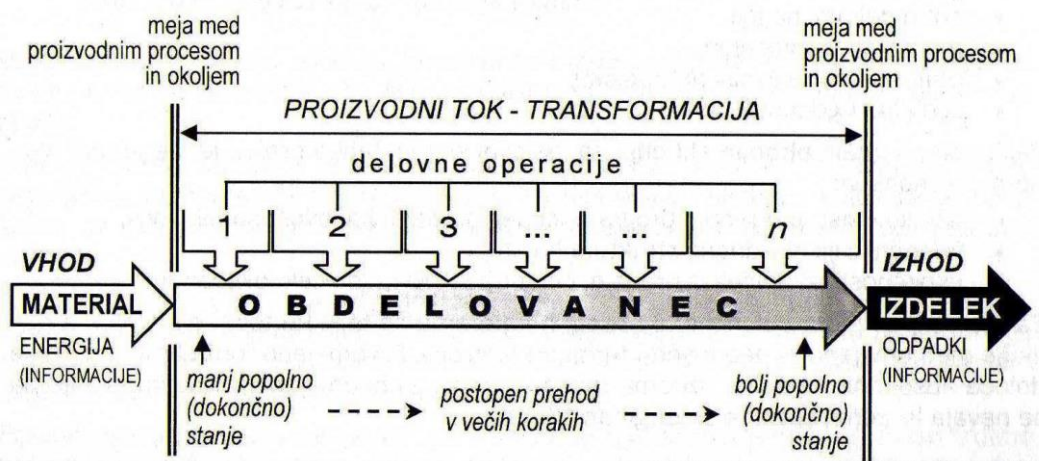
Vsaka organizacija v poslovnem svetu je opredeljena s poslovnimi procesi. Definicij o procesih je več, vsem pa je skupen enak temelj. Procesi v organizaciji služijo kot podpora poslovnim funkcijam poslovnega sistema (Urh B., 2016).

Proizvodni proces v organizaciji predstavlja proces preoblikovanja vhodnih elementov v izhodne izdelke ali storitve. Končni izdelki, namenjeni prodaji ali nadaljnji uporabi, so glavni cilj, ki ga želimo doseči s proizvodnim procesom.

Ljubič navaja definicijo proizvodnega procesa: »Proizvodni proces je proces proizvodnje (izdelave proizvodov)«. Proizvajanje opisuje kot spremembo vhodnih prvin v izhodne, ki imajo neko dodano vrednost. V transformacijskem procesu pridobijo ključne lastnosti, ki dajejo končnim izdelkom vrednost. Proizvodni procesi spadajo med dinamične procese, ki imajo neki cilj. Cilj je lahko različen, kar je posledica osnovne značilnosti proizvodnega procesa, da se med seboj razlikujejo. Ne obstajata dva identična procesa. Razlike so lahko v okolju, v katerem proces deluje, v končnih izdelkih, vloženi materialih, delovnih operacijah ipd.

V osnovi je torej glavni cilj proizvodnega procesa proizvodnje končnih produktov, kar predstavlja temeljni proces. V njem se tvorijo povezave med aktivnostmi, ki jih predstavljajo posamezne delovne operacije. Za izvajanje delovnih operacij je potrebno definirati posamezno delovno mesto in aktivnost. Delovno mesto je prostor, na katerem se izvaja posamezna aktivnost oziroma delovna operacija. Delovno mesto predstavlja povezavo delavca (ali več delavcev) in delovnih sredstev, ki so lahko stroji, naprave, orodja ali prostor, za izvajanje aktivnosti. Odvisno je od oblike proizvodnje, ciljev in načina dela v njej.

Slika 1 prikazuje proizvodni tok, ki ga tvorijo delovne operacije. Operacije potekajo v določenem zaporedju posameznega proizvodnega toka. Iz slike je razvidna tudi meja med procesom in okoljem, v katerem se nahaja. Brez vseh teh elementov proizvodni tok ne deluje.



Slika 1: Proizvodni tok (Ljubič T., 2006)

Vsak proizvodni proces, z definiranimi aktivnostmi, delovnimi mesti, vhodi in izhodi ter cilji, mora biti tudi vodljiv. Vodljivost proizvodnih procesov je temeljna in pomembno je, da se vsi v organizaciji zavedajo pomena vodljivosti in sledijo navodilom.

Proizvodni proces je soodvisen od pomožnih in pripravljalnih procesov (Ljubič, 2000):

- razvoj izdelkov,
- razvoj proizvodnih procesov,
- skladiščenje vložka (materiala, energije),
- operativno planiranje in priprava proizvodnje,
- interni transport,
- kontrola kakovosti,
- vzdrževanje delovnih sredstev,
- skladiščenje izhoda (izdelkov) ipd.

Ker pa proizvodni procesi potekajo v nekem okolju in je pomembna komunikacija z zunanjim in notranjim okoljem, so pomembni tudi procesi skupnega in splošnega značaja (Ljubič, 2000):

- nabava vložka (material, energija),
- zagotavljanje kadrov (delavci),
- zagotavljanje delovnih sredstev (investicije),
- prodaja izhoda (izdelki),
- strateško planiranje in analize,
- finance (in controlling),
- knjigovodstvo in računovodstvo,
- skupni in splošni posli ipd.

## 2.2. SPREMLJANJE PROIZVODNEGA PROCESA

Proizvodne procese, ki se ponavljajo dalj časa, moramo spremljati tudi, ko je proces že utečen in so izhodi iz transformacijskega procesa pozitivno sprejeti. Procesni so sestavljeni iz posameznih aktivnosti, na katere vpliva mnogo dejavnikov. Ob spremembi enega elementa poteka proizvodnje ali katere koli vhodne prvine

proizvodnega procesa se lahko spremeni celoten proces. Posledično so izhodi napačni.

Tudi brez zavestnega spreminjanja, po preteku določenega časovnega okvira lahko proces zastara, se poslabša, prihaja do okvar na delovnih sredstvih itd. Na procese namreč vpliva tudi čas in trajanje delovanja. Procesi imajo svoj življenjski cikel in od obdobja, v katerem je trenutno posamezen proces, so odvisne trenutne in nadaljnje aktivnosti.

Poznamo devet različnih faz, ki opredeljujejo spreminjanje, prenavljanje ali zgolj izboljševanje obstoječega proizvodnega procesa (Korošec, 2006, 29):

- odkrivanje,
- definiranje,
- modeliranje,
- simuliranje,
- namestitve,
- izvajanje,
- nadzorovanje,
- analiziranje in
- optimiranje.

Projekt, katerega raziskovalni del predstavljamo v diplomskem delu, je vključeval odkrivanje in definiranje (analiziranje proizvodnega procesa), modeliranje, simuliranje in analiziranje rezultatov proizvodnega procesa oddelka v podjetju Iskra Mehanizmi. Zato je nadaljevanje usmerjeno na te analizirane faze, preostale pa v tem primeru ne izpostavljam in ne definiramo.

S tem ne želimo prikazati preostalih faz kot manj pomembnih ali celo nepomembnih, vendar je bil cilj raziskovalnega dela zgolj analiza procesa in testiranje uporabnosti simulacijskih orodij v realnem okolju.

### **2.3. POSNETEK STANJA - ANALIZIRANJE PROIZVODNEGA PROCESA**

Vsak popis procesa se začne s podrobnim definiranjem obstoječega stanja. Pred tem moramo odkriti in popisati vse elemente, ki posredno ali neposredno vplivajo na proizvodni proces.

Analiza je lahko obširna, zaradi zapletenosti procesa, in lahko si pomagamo z razdelitvijo procesa na manjše dele ter postopno analiziramo. Pomembno je, da ne zanemarimo dejstva, da je proizvodni proces celota; in če želimo dobiti realne rezultate, na podlagi katerih se dogajajo morebitne spremembe, prenove ali izboljšave, je edina možnost, da je proces popisan kot celota.

Podatke pridobivamo na različne načine: intervju, posnetek stanja, pregled vzorcev, zbiranje in analiziranje dokumentacije. Izbira načina raziskovanja in analiziranja je prosta. Običajno izberemo tisto možnost, ki nam je na voljo. Priporočljivo je, da izbiramo enostavno metodo, ki je hkrati čim bolj zanesljiva. Nesmiselno je namreč izbrati metodo, s katero nam sploh ne bo uspelo pridobiti informacij ali še slabše, da izberemo metodo, ki nam poda napačne informacije. Pridobivanje podatkov in popis procesa mora potekati v sodelovanju s tistimi, ki so neposredno vpleteni v analiziran proces.

## 2.4. MODELIRANJE PROIZVODNEGA PROCESA

Z modeliranjem grafično prikažemo posamezen proizvodni proces, kar nam omogoča pregleden prikaz obstoječega stanja. Model prikaže vse posamezne aktivnosti, ki sestavljajo proces, njihov vrstni red in povezave med aktivnostmi. Poleg poteka aktivnosti model prikaže tudi posamezne odgovorne osebe, pripadajoče dokumente ali podatke, ki nastopajo v procesu. Z modelom natančno definiramo vhodne in izhodne dogodke.

Nekatera orodja za modeliranje omogočajo več, nekatera pa manj prednastavljenih grafičnih oblik, ki jih vključujemo v model. Pri modeliranju moramo vsako posamezno aktivnost pravilno definirati, jo postaviti na pravo mesto in jo povezati v pravilni smeri z naslednjo in s predhodno aktivnostjo.

Dober model prikaže realno sliko procesa. Na podlagi takega modela ugotavljamo pomanjkljivosti procesa ali iščemo potencialne izboljšave na ozkih grlih, ki pa jih najlažje najdemo s simuliranjem. Po izvedbi simulacije analiziramo obstoječe stanje proizvodnega procesa in iščemo odstopanja. Šele po potrjenem osnovnem modelu se lahko lotimo prenove poslovanja. Grafični izris poda boljši vpogled v proces. Modeliranje je zato metoda, ki se je poslužujemo pred uvajanjem morebitnih sprememb in izboljšav.

Modeliranje je definirano kot snovanje, izdelava in uporabljanje posameznega modela, ki predstavlja izvirnik. Namenjen je uporabi novih spoznanj in znanja o procesih ter testiranju uporabnosti in smiselnosti uvajanja zelenih sprememb (Kovačič in Vukšič, 2005, 177).

Na področju prenove poslovanja so koristi za izris modela različne (Kovačič in Vukšič, 2005, 178):

- izboljšanje razumevanja procesa,
- ustvarjanje celotne slike poslovanja ter s tem boljšega pregleda,
- prikaz predlogov prenove ter njihovo preizkušanje na modelih pred uveljavljanjem v praksi,
- razumevanje informacijskih potreb izvajalcev procesa, ki služijo kot osnova za informatizacijo procesa.

## 2.5. TEHNIKE IN ORODJA ZA MODELIRANJE

Na voljo je mnogo različnih tehnik in orodij za modeliranje. Le-te so se s časom razvijale in se prilagajale sodobnim poslovnim procesom, glede na njihov razvoj in usmeritve. Vsaka izmed tehnik ima svoje prednosti in svoje slabosti. Odvisno od cilja pa je, za katero tehniko se odločimo.

Za prikaz proizvodnega procesa, ki spada pod poslovne procese, se največkrat uporablja metoda BPMN (Business Process Modelling Notation), ki je preprosta in ne obsežna metoda modeliranja. S posameznimi elementi preprosto popišemo aktivnosti. Tehniko BPMN ne sestavljajo preveč zapleteni znaki, simboli so preprosti, razumljivi in na voljo so le tisti, ki so največkrat uporabljeni in s tem se ponudi dostopnost uporabe tudi tistim, ki na področju modeliranja še niso strokovnjaki. (Polančič, Jošt).

Vsako posamezno orodje, ki ponuja možnost modeliranja, ima določene posebne karakteristike. Pri izbiri orodja za modeliranje si moramo vnaprej načrtovati cilj, ki ga želimo doseči. Med množico programov, ki so na voljo, moramo izbirati glede na karakteristike in rezultate, ki jih le-ta ponuja. Veliko programskih orodij ponuja modeliranje, vendar je med njimi majhno število tistih, ki so razširjeni tudi v simuliranje procesov.

Za posamezna podjetja pa je omejitev tudi stroškovni vidik, kajti posamezna orodja imajo visoko ceno za nakup oziroma zakup licence.

Pomembno je, da pred sprejeto odločitvijo za določeno orodje pretehtamo možnosti, ki nam jih ponuja. Orodje naj ne bo prezapleteno za modeliranje in simuliranje, kajti le tako lahko pridemo do zastavljenega cilja, ki je v tem primeru dobro zarisani model, ter realnih rezultatov simuliranja.

Osnovni grafični model mora vsebovati naslednje prvine:

- vhode v proces, ki jih tvorijo elementi, ki so potrebni za izvajanje aktivnosti,
- dogodke oziroma aktivnosti, ki se izvajajo v procesu,
- izhode, ki so končni rezultat procesov.

Razlogov, ki dokazujejo, da je pred prenovo procesa nujno modeliranje, je več. Bistveno je prav razumevanje procesa ter njegovega poteka.

V fazi priprave na analiziranje smo se osredotočili najti programsko orodje, glede na naše cilje. Glavne predpostavke so bile:

- brezplačna uporaba (ali vsaj brezplačna poskusna verzija),
- enostavna uporaba,
- modeliranje z BPMN tehniko,
- možnost simulacije in
- analiziranje rezultatov.

## 2.6. SIMULACIJA

Modeliranje je temelj simulacij. Na dobrem in pravilnem grafičnem modelu lahko izvajamo simulacije, če želimo pridobiti realne in prave podatke.

Modeliranje in simuliranje uporabljamo za prenavljanje in izboljševanje procesov brez spreminjanja osnovnih in temeljnih karakteristik procesa. Izvedeno je pred uvedbo v realen proces, kar zmanjša možnosti za nastanek škode zaradi napačnih odločitev. Glede na dobljene rezultate osnovnega modela merimo odstopanja od želenega stanja.

Hkrati pa sta nam v pomoč ob uvajanju novih procesov. Z modelom in simulacijo dobimo vpogled v prihodnost, kaj se bo dogajalo s procesom ob različnih spremembah. V ta namen se uporabljajo scenariji »kaj če« (angl. What If) analize. Podatki prikazujejo posnetek stanja v prihodnosti in z njimi se preverja smiselnost uvedbe izboljšav.

Grafični model ne sme biti preobširen, prezapleten, preveč kompleksen ali preveč detajlni. Kljub temu pa mora model vsebovati bistvene elemente in aktivnosti, da

ne izgubimo glavnih vezi procesa, ki podajo realno sliko stanja. Modeliranje je ključnega pomena za uspešno simuliranje.

Simulacije uporabljamo, da pridobimo vpogled v potek procesa in njegovo odzivnost na spremembe. Pokažejo ozka grla in odstopanja v procesu. Vsako odstopanje, zastoj ali neskladje v procesu moramo spremljati, ga popraviti oziroma odstopanje odpraviti.

Vzrokov za neuporabo tehnik modeliranja in simulacij v poslovnem svetu je več. Premalo podjetij se zaveda prednosti, ki jih prinašata modeliranje in simuliranje.

Glede na znanje, pridobljeno v času raziskovanja o uporabnosti simulacij, smo zbrali ključne prednosti:

- **PRIHRANEK STROŠKOV IN ČASA**  
S simuliranjem lahko z različnimi scenariji preizkušamo, kako se proces odziva na določene spremenljivke. Scenarije definiramo na modelu, kjer ni realnega poseganja v proces, kar bi lahko pri izbiri napačnih izboljšav in scenarijev povzročilo stroške, izpade proizvodnje, slabo kakovost proizvodov, nezadovoljstvo kupcev itd. Na realnem procesu niti ne moremo testirati tako daleč v prihodnost, kot nam to omogoča simulacija. Le-ta pa pomaga, da v kratkem času dobimo podatke za prihodnost.
- **VPOGLED V PRIHODNOST**  
Simulacije lahko zaženemo z velikim številom ponovitev. Če bi to pretvorili v realni čas, imamo vpogled v prihodnost (z določenim tveganjem zaradi neupoštevanja nepredvidljivih vplivov).
- **DEFINIRANJE PROCESA, ANALIZIRANJE, POSKUŠANJE**  
Simulacija nam ob predpostavki, da dobro definiramo vse karakteristike procesa, ponudi vpogled v prihodke, stroške dela in proizvodnje, stroške izpadov, količine izhodov in potencialne prihodke glede na izdelane količine. Z modelom narišemo potek procesa, s simulacijo pa odkrijemo, kako tekoča je proizvodnja, morebitna ozka grla, čase posameznih aktivnosti, zastoje in lahko določimo normative procesov. Vse to lahko definiramo kot spoznavanje procesa, ki je ključnega pomena, da se sploh lahko lotimo prenov in izboljšav. S poskušanjem in analiziranjem možnih scenarijev se spodbuja kreativnost in inovativnost odgovornih za uvajanje sprememb. Smiselno pa je, da se testirajo realno možni scenariji. Kreativnost in inovativnost spodbuja tudi dejstvo, da ni strahu pred napakami in posledicami, ker spremembe še ne uvajamo v realno okolje.

Simulacije imajo tudi slabosti, ki vplivajo na to, da se tako malo podjetij odloča za uporabo te metode:

- **STROŠKI**  
Programska oprema, potrebna za simuliranje in modeliranje, ima visoko ceno, prav tako tudi posamezni strokovnjaki, ki ponujajo storitve na podlagi simulacijskih rešitev.
- **PORABA ČASA IN ZAHTEVA PO ZNANJU**  
Raziskovanje, analiziranje, popis procesa, izris modela, validiranje in ostali elementi, ki morajo biti dobro izvedeni pred simulacijo, zahtevajo veliko časa. S tem ponovno naraščajo stroški. Prav tako je potrebno določeno predhodno znanje (v primeru pomanjkanja del stroškov in časa vzame izobraževanje).

- **ZAPLETENOST PROCESOV**

Dober popis procesa je včasih nemogoče izvesti. Morebiti je proces prezapleten ali preveč specifičen in spremenljiv. Takrat ni smiselno zapravljati časa, če vnaprej vemo, da ne moremo izrisati realnega modela oziroma pridobiti pravih podatkov.

- **OSTAJA STOPNJA TVEGANJA**

Kljub pravilnosti pa se moramo zavedati, da vedno obstaja možnost napak. Le-te lahko nastanejo zaradi napak strokovnjaka, napak analiz ali napak programske opreme. Zato je dobro tudi na rezultate simulacij pogledati s pravimi očmi in mogoče preveriti ter iskati mnenje in morebitne napake z drugačnimi metodami. Le tako je manj verjetnosti za napake.

### 3. METODOLOGIJA DELA

Raziskava je potekal na projektni način. Projekt IMSim 2016 (Iskra Mehanizmi Simulacije 2016) je bil zasnovan z idejo, da na realnem primeru dokažemo uporabnost tehnik modeliranja in simulacijskega orodja.

Cilj je razumevanje procesa, primerjava različnih programskih orodij, njihov prikaz delovanja na primeru proizvodnega procesa in iskanje idej za nadaljnje izboljšave ali prenove.

Podjetje Iskra Mehanizmi nam je ponudilo možnost, da pod vodstvom mentorja doc. dr. Matjaža Robleka popišemo proces proizvodnega oddelka Tyco.

Delo je bilo razdeljeno na posamezne sklope.

- Prvi sklop je bil iskanje in testiranje simulacijske programske opreme, s katero bomo nadaljevali delo na projektu.
- Drugi sklop je bil spoznavanje proizvodnje in popis procesa v podjetju. V to je vključena tudi nadaljnja analiza ter ureditve podatkov. Izmerjeni podatki niso prečiščeni in so nekoristni, dokler jih ne uredimo ter prečistimo, da so kasneje uporabni v simulacijskem modelu.
- Tretji del predstavlja osnutek, na katerem temelji točen izris grafičnega modela glede na stanje v proizvodnem oddelku Tyco.
- V predzadnjem sklopu začnemo s simulacijo, ko v grafični model vključimo vse prečiščene podatke in začnemo z validacijo modela. Ko je izvedena validacija modela, moramo najprej razumeti osnovni model.
- Analiza osnovnega modela in posameznih »kaj če« (angl. »what IF«) scenarijev je zaključna faza raziskovalnega dela.

Proizvodni proces je povezan s skladiščem, potekom zalaganja proizvodnje, logističnim transportom in odpremljanjem končnih izdelkov.

Zaradi prevelike kompleksnosti in zapletenosti, kot posledica izrisa vsega v enem procesu, nismo vsega vključili v en model in eno simulacijo.

Popisali in merili smo te procese, kajti tudi od njih je odvisen potek proizvodnje, nismo pa jih vključili v grafični model.

#### 3.1. UPORABLJENA SIMULACIJSKA ORODJA

Pridobivanje znanja in iskanje dostopne programske opreme je kot prva faza projekta zahtevalo prebiranje strokovne literature. Modeliranje in simuliranje sta obširni področji sodobnega delovanja na področju optimizacij in izboljšav.

Cilj je, da praktično uporabimo znanje in ga dokažemo s simulacijo proizvodnega procesa. Temelj je grafični model. Na voljo je veliko tehnik modeliranja, grafičnih elementov za risanje modelov, povezav med aktivnostmi, določanje vhodov in izhodov itd. Tehnika mora biti razvita na način, da je razumljiva vsem uporabnikom modela ter vpletenim v proizvodni proces.



Odločili smo se, da za raziskavo v okviru te raziskave grafični model narišemo v tehniki BPMN. Le-ta je trenutno najbolj razširjena za modeliranje poslovnih procesov. BPMN je uporabna tehnika za procesno izvajanje. Ključna prednost je, da je preprosto razumljiva in sodobno uporabna za poslovne procese. Hkrati pa je kljub enostavnosti dovolj kompleksno zasnovana, da lahko natančno popišemo proces.

Med množico programov, ki so na voljo za modeliranje, smo morali izbrati najbolj primerne. Iskali smo prosto dostopno programsko opremo. Težko je najti program, ki bi brezplačno ponujal tudi razširitev na simulacijski model. Testirali smo jih več. Bolj podrobno pa smo se osredotočili na programe Signavio, Bizagi in Process Simulator.

Začeli smo s programom Signavio, sledila pa sta Bizagi in Process Simulator.

### 3.1.1. SIGNAVIO

Signavio je prosto dostopen program za modeliranje. Ponuja brezplačno testno verzijo tudi za simuliranje. Deluje v računalniškem oblaku, kar je lahko prednost, da je vpogled v model sprotno dostopen večim uporabnikom, ki jih vključimo kot udeležence. Administrator je snovalec in hkrati skrbnik modela. Slabost shranjevanja v oblaku pa je, da ni mogoče delati na modelu brez internetnega omrežja.

Izkušnja s programom Signavio v našem primeru ni bila pozitivna. Zapleteno je bilo iskanje gradnikov modela in povezovanja posameznih aktivnosti. V osnovnem modelu, ki je brezplačen, je na voljo malo gradnikov za izris modela, pri simuliranju pa izstopa ožji nabor možnosti za definiranje celotnega procesa.

Program ni upošteval pravilne razporeditve po kretnicah (angl. Gateway), kar je bila osnovna napaka pri preverjanju realnosti simulacije. Nadaljevanja v tem programu nismo izvedli, temveč smo nadaljevali s programom Bizagi.

### 3.1.2. BIZAGI

Bizagi process modeler je brezplačno dostopen program, ki omogoča modeliranje ter simuliranje preprostih poslovnih procesov. Ponuja enostavno možnost izrisovanja grafičnega modela procesa v tehniki BPMN (Business Process Model and Notation).

Zaradi enostavne uporabe smo se prvotno usmerili na delo s tem programom, vendar pa smo ob validaciji modela naleteli na nerealne podatke pri rezultatih simulacije. Zaradi sestavljenega modela, ki je bil v našem primeru zarisan z »x vrati« (selekcija), je program izbiral potek procesa drugače, kot je v realnosti. Program ne ponuja veliko možnosti za definiranje povezav med aktivnostmi.

Pregled nad rezultati je razumljiv, možen je tudi izvoz podatkov v Excel tabelo, PDF format, Word dokument ali na splet. Program omogoča tudi uvoz modela iz programa Visio.

Bizagi ponuja v kompletu modeliranje in simuliranje, preprosto je v njem narisati model, prav tako izda zanimivo analizo rezultatov po simulaciji.

Po osnovnem pregledu smo se osredotočili na izris modela, ki je bil do tedaj le skiciran na papirju. V programu se za risanje uporablja tehnika BPMN, elementi, ki pa so na voljo, so sicer osnovni, vendar vseeno ključni za sam proces. Nismo si izbrali preveč zapletenega modela, zaradi naraščanja napak simulacij vzporedno z naraščanjem kompleksnosti procesa.

Zasnovali smo model, ki je uporaben, popisuje realno stanje in je zasnovan na način, da se na njem izvede koristna »kaj če« (angl. »What IF) analiza različnih scenarijev. Nekaj težav je povzročala razvrstitev delovnih nalogov med posamezne delavke. Še pred tem pa smo morali iz velikega modela izrisati zgolj proizvodni oddelek.

V zarisani model smo vstavili prečiščene podatke iz posnetka stanja in začeli s simulacijo. Skušali smo spreminjati kapacitete in čase, vendar smo po vnosu realnih podatkov iz procesa našli napako.

Rezultati, ki jih je podal simulator niso bili realni. Za en teden je izračunal preveliko število delovnih ur. Za 4 delavke, ki delajo po 8 ur, je zaradi povprečnih časov, porabljenih za en delovni nalog, podal okvirno 5000 ur.

4 delovna mesta pa lahko delajo zgolj 5 dni po 8 ur, kar nanese samo 160 ur. Trudili smo se popraviti napako in testirali več možnosti simulacij, tudi samo za en dan ali samo za eno uro, vendar se je napaka ponavljala.

Odločili smo se, da zamenjamo programsko orodje in začnemo s Process Simulatorjem.

### 3.1.3. PROCESS SIMULATOR

Process Simulator spada med programsko opremo ProModeler. Ključna razlika med programoma je v tem, da s programom ProModeler simuliramo procesno. Process Simulator je program, ki deluje kot razširitev programa Microsoft Visio. Modeliranje je enako kot v osnovnem programu Visio, sami se lahko odločimo za tehniko modeliranja, kajti ni nujno da izberemo ravno prednastavljeno za Process Simulator.

Programska oprema nam omogoča simuliranje najprej osnovnega modela, ki ga kasneje razširimo s poljubnimi scenariji. V programu je možnih več zavihkov, ki so nam v pomoč, ko želimo imeti več različic ali v primeru, da večji model razstavimo na več manjših modelov.

Simulator omogoča, da za vsak posamezni element: vhod, aktivnost, kretnico, izhod, potek aktivnosti, skladiščenje itd. definiramo:

- čas poteka aktivnosti,
- čas čakanja,
- odgovorno osebo (ali več oseb),
- kapaciteto,
- vhode in izhode,
- vmesno skladiščenje.

Osnovna je dobro zasnovan model. Za definiranje scenarijev nam program ponudi podatke, ki so definirani za osnovni model, potem pa na njem spreminjamo posamezne karakteristike.

Izpis podatkov nam na osnovni zaslonski sliki ponudi tabelo s številom končnih dogodkov in nekaj največkrat uporabljenih grafičnih predstavitev. Za nadaljnje in bolj razširjene podatke izbiramo najprej prikaz podatkov. Na voljo so različni grafični in tabelarični prikazi. Grafe razdeli med prikaz na stolpčne diagrame, tortne diagrame, histograme itd.

Po preizkušanju vseh programov je glede na prednosti, ki jih pred programoma Signavio in Bizagi ponuja Process Simulator, nadaljnje delo potekalo samo še s programom Process Simulator.

### 3.2. PROIZVODNI ODDELEK TYCO

Za izvedbo raziskave smo se ožje usmerili v proizvodni oddelek Tyco, ki je eden manjših oddelkov podjetja Iskra Mehanizmi. Izdelujejo večje število končni izdelkov, ki so namenjeni za opremo na gradbiščih. To so sestavni elementi za elektro omarice za javno razsvetljavo. Zaradi uporabe na gradbiščih je na prodaji izdelka opazno sezonsko nihanje naročil s strani kupca.



Slika 2: Primer izdelkov proizvodnje Tyco (Vir: Iskra Mehanizmi)

Število različic končnih izdelkov je več kot 950; posledično je veliko število materialov (več kot 1400) in sestavnih delov (več kot 500).

Poleg slabosti, ki jih prinaša širok izbor končnih izdelkov, dodatno otežujejo delo tudi termini prihodov naročil. Prodaja prejema naročila trikrat dnevno. Šele na podlagi teh naročil lahko planer razporedi delo v proizvodnji.

Naročila niso vnaprej določena, kar podaljša dobavni rok. Ostaja pa zahteva kupca, da podjetje Iskra Mehanizmi izdela in dobavi želeno blago v nekaj dneh.

Planer dnevno vnaša delovne naloge na plansko tablo in pošilja v nabavo zahteve za material. Ves material mora biti zaradi nepredvidenih scenarijev vedno na zalogi, kar zviša logistične stroške skladiščenja.

Delo na oddelku Tyco je ročno delo, pri katerem delavke uporabljajo različna orodja. Delavke si orodje menjavajo sočasno z menjavo delovnega naloga. Delovno mesto posameznih delavk ostaja enako, menja se orodje in material, ki ustreza zahtevam posameznega delovnega naloga oziroma posameznega končnega izdelka.



Slika 3: Delavnica proizvodnje Tyco (Vir: Iskra Mehanizmi)

Proizvodnja je razdeljena na 8 delovnih mest, število delavk pa dnevno prilagajajo potrebam oziroma naročilom. Vsaka delavka prejme v izdelavo svoj delovni nalog in disponent ji dostavi material, ki je potreben za sestavo končnega izdelka. V kolikor ji materiala zmanjka, mora disponent ponovno založiti prazne zaboje z materialom. V primeru, da ji manjkajo polizdelki, ki jih izdelujejo sami, pa včasih proizvodnja podsestava sprotno zalaga delovno mesto.

Podroben proces poteka proizvodnje je opisan v nadaljevanju, kjer je na podlagi grafičnega modela predstavljen potek dela.

### 3.3. PLANIRANJE PROIZVODNJE TYCO

Oddelek Tyco je zahteven za planiranje kapacitet ter izdelave, ker naročila prihajajo v sistem trikrat dnevno. Zaradi širokega nabora končnih elementov, ki jih izdelujejo, je planiranje vnaprej nemogoče.

Velik del materiala imajo v podjetju na zalogi, nekaj pa ga sprotno dobavljajo. Potrebna je previdnost glede dobavnih rokov, da zadovoljijo željam kupca glede datuma dobave končnih proizvodov.

Naročila imajo kratek rok dobave (npr. 5d ni do odpreme). Večina proizvodov se izdeluje hitro, vendar so nalogi obširni in trajajo tudi več delovnih dni.

Osnovne kapacitete na proizvodnem oddelku Tyco so bile v času našega analiziranja štiri delovna mesta. Tri delovna mesta imajo normalno razpoložljivost 8 ur, eno delovno mesto pa je le za polovični delovni čas, torej 4 ure.

V poletnih mesecih, ko je sezona na gradbiščih v polnem teku, pa se kapacitete povečajo in je število delavk na sestavljanju glavnih proizvodov osem.

Manjši del delovnih nalogov v izdelavo prejme vodja proizvodnje, vendar so to kratki in ne obsežni nalogi z majhnimi količinami (do 10 kosov).

Za vsak nov delovni nalog planer preveri zalogo materiala in sestavnih delov. Če material manjka, to sporoči v nabavo, da pošljejo odpoklic ali naročilo za material. Ko je material na voljo oziroma je dobava že potrjena za bližnji datum, lahko odpre proizvodni nalog.

Lansiranje naloga dopušča začetek dela na posameznem nalogu in se izvede, ko so na stanju vsi materiali. SAP sistem sporoča pomanjkanje materiala. Če obstaja manjkajoč material, to tudi v dodatnem oknu pokaže kot opomnik.

Planer je pozoren, da v primeru potrebnih polizdelkov za končni izdelek razpiše nalog tudi za izdelavo le-teh. Določene polizdelke izdelujejo sami in ti se morajo izdelovati vsaj 1 dan vnaprej, da proizvodnja glavnih sestavov poteka nemoteno. Planer ne določa zaporedja delovnih nalogov, temveč to delo opravlja vodja proizvodnje.

Planska tabla se ureja glede na prioritete posameznih delovnih nalogov in glede na zapolnitev posameznih kapacitet.

Delovni čas je dopoldanski (6.00-14.00) od ponedeljka do petka; razen v času glavne sezone, ko je naročil več, se podaljšuje dopoldanska izmena ali uvede še popoldanska izmena.

Vsako jutro planer »preterminira« delovne naloge na planski tabli. S tem ponovno časovno razvrsti delovne naloge, ki se izdelujejo in so naslednji na vrsti za izdelavo. Norme so za vsak končni izdelek postavljene, kljub temu pa prihaja do odstopanja, kar je rezultat različnih dejavnikov.

Včasih se delovni nalog konča prehitro, včasih prepozno, lahko pride do pomanjkanja materiala in je potrebna menjava vrstnega reda itd.

Če se dnevno ureja planska tabla, ne sme prihajati do težav z zasedenostjo kapacitet. Tako imajo v podjetju vpogled v čase in datume končanja posameznih delovnih nalogov ter v uspešnost proizvodnega oddelka.

Da bi se izognili težavam, ki nastajajo zaradi zamud, planer nastavi varnostni čas. S tem določi, da mora biti nalog končan vsaj varnostni čas pred zeleno odpremo. Običajno je to en dan ali dva dni. Tako imajo končni izdelki čas za transport do spodnjega skladišča in na odpremo.

### 3.4. POTEK PROIZVODNJE

Proizvodnja se zalaga iz spodnjega glavnega skladišča. Dvigalo dostavi material v zgornje nadstropje, kjer ga disponenta prejmeta in začasno skladiščita v vmesnem skladišču. Sistemsko se ta lokacija označuje kot »IN lokacija proizvodnje«. Z odpisovanjem materiala na delovni nalog se porablja material iz te lokacije. »OUT lokacija proizvodnje« pa je tista, na kateri se nahajajo dokončani izdelki.

Vodja proizvodnje ima širok nabor različnih opravil. Poleg osnovnih nalog vodenja delavk skrbi za razporejanje delovnih nalogov, tiskanje manipulacijskih enot, izdajanje zahtevnic za material v glavno skladišče, odpisovanje materiala na delovni nalog, izdajanje ročnih zahtevnic (v primeru, da je premalo materiala npr. zaradi izmeta), tehnično zaključevanje delovnih nalogov ter odprema.

Našteta so dnevna in operativna opravila, ki so konstantno enaka in nujno potrebna za izvajanje. Spadajo med vsakodnevne aktivnosti vodje proizvodnje.

V podjetju imajo za vsako delovno mesto točno določena navodila za delo, ki so delavcu v pomoč ter hkrati zahtevajo da se le-te naloge korektno in vestno opravljajo.

Prav tako imajo delavke za vsak posamezni izdelek navodila za delo. Ko začne z delom določenega proizvoda, ji vodja proizvodnje poleg delovnega naloga izroči tudi navodila za delo, kjer je opisno in slikovno predstavljen postopek dela. V primeru težav pa jim pomaga vodja, ki je usposobljena za delo.

V proizvodnem oddelku smo spremljali potek dela, potem pa smo narisali grafično skico delavnice. Razdelili smo jo na posamezna delovna mesta in od vodje proizvodnje pridobili informacije, ki so očem skrite. Kasneje smo sledili delavkam ob izdelavi.

Na planski tabli je časovna norma že določena, vendar nas je zanimalo, kako ohlapne ali strogo postavljene so norme. Ker ima cela proizvodnja zgolj skupno dnevno normo, smo spremljali vsako delovno mesto ločeno in za vsak delovni nalog je bilo drugače. To je posledica raznolikosti in širokega nabora končnih izdelkov, ki jih odpremljajo.

### 3.5. ZALAGANJE PROIZVODNJE

Disponenta v zgornjem nadstropju sta zadolžena za zalaganje proizvodnje, najprej osnovno za posamezni delovni nalog, ter dodatno zalaganje z materialom po posameznih delovnih mestih.

Material, ki je v večji količini zgoraj v vmesnem skladišču, iz spodnjega skladišča naročijo po potrebi. Ko je delovni nalog prevelik, da bi ves material naložili na delovno mizo, ki je v osnovi dostavljena delavki ob začetku delovnega naloga, samo menjajo prazne zaboje s polnimi.

Iz skladišča dobijo točno količino potrebnega materiala, torej proizvodnja ne izvaja popisa materiala. Disponenta preverita, za kateri delovni nalog je material in ga pravilno razvrščata.

Ob uvodni analizi v podjetju nam direktor logistike omeni težavo, da se bojijo, da je dvigalo ozko grlo proizvodnje in da večina zastojev ter izgub časa nastane zaradi premajhne kapacitete dvigala. Dvigalo je eno in njegova prostornina po prvotnem mnenju zaposlenih v podjetju ni zadostna za tak obseg proizvodnje. Dvigalo dovaž material in odvaž gotove izdelke. Dvakrat na delovni dan (8 ur) odpelje gotove izdelke v spodnje skladišče in gre na odpremo. Prva odprema iz proizvodnje je ob 10.30 in druga ob 13.30, pred zaključkom izmene. Na koncu izmene disponenta pripravita material za naslednji dan, da je začetek izmene nemoten.

Težavo pri dvigalu povzroča pomanjkanje signala, ki bi obvestil disponenta ali skladiščnika, da ga je potrebno izprazniti. Velikokrat preverjajo, če je dvigalo polno, ali pa v nasprotnem primeru predolgo odlašajo z raztovarjanjem. S tem se izgublja čas. Spodaj pa ne raztovorijo dovolj hitro. Komunicirajo preko telefona, kljub temu pa bi bilo smiselno uvesti opozorilo o prihodu dvigala.

Spremljanje disponentov ni bilo vključeno v analizo in simulacijo. Proizvodni proces pa vseeno temelji na teh predpostavkah. Potek zalaganja z materialom je eden izmed glavnih elementov, ki vplivajo na potek celotnega procesa proizvodnje.

Pri scenarijih za »kaj če« (angl.»What IF«) analize smo pokazali, kaj se dogaja s procesom in kako vpliva čakanje na material na število izhodov.

## 4. ANALIZA PROIZVODNEGA PROCESA

Glavni cilj analize je popis in ovrednotenje glavnih karakteristik procesa. S tem smo v nadaljevanju prišli do konkretnih rešitev in dodatnega znanja.

Ob prvem obisku podjetja smo si ogledali proizvodni oddelek Tyco, da smo si ustvarili okvirni plan dela in obseg potrebnih informacij za simuliranje. V večkratnih obiskih smo spremljali oddelek Tyco:

- razporeditev delovnih mest,
- razporejanje delovnih nalogov,
- poteka dela,
- začetek delovnega naloga ob prihodu mize z materialom v proizvodnjo,
- konec s potrjevanjem gotovih izdelkov in
- odpremo v skladišče.

To je zadoščalo za izris osnutka modela pred vstavljanjem podatkov. Model je definiran glede na obstoječe stanje v času analize v mesecu marcu in aprilu. Po pridobljenih delovnih nalogih, tedenskih planih in po informacijah je nastajal osnovni model.

### 4.1. IZRAČUN ČASOV ZA DOKONČANJE ENEGA DELOVNEGA NALOGA

Potreben je bil izračun povprečnih časov in razlik med delovnimi mesti. Pridobljeni podatki so bili preveč različni, da bi lahko preprosto določili funkcijski predpis za posamezno delovno mesto.

Po izračunih so bili podatki dovolj enotni, da je bil lahko izračun s podatki izveden s povprečnimi časi in standardnim odklonom. Iz treh tedenskih planov je bil narejen izračun povprečij, da so bili rezultati dovolj realni za simulacijo enega dneva.

DM 3				BREZ MAX IN MIN		
1	115465	7677517	113	600,25	113	8,16327
2	115511	7677566	35	10506,3	35	6537,88
3	117511	7677569	54	6972,25	54	3826,31
4	115333	7677572	241	10712,3	241	15660,7
5	115502	7677616	189	2652,25	189	5349,88
6	113525	7677618	82	3080,25	82	1146,31
7	113527	7677619	40	9506,25	40	5754,31
8	113466	7677620	85	2756,25	85	952,163
9	117498	7677629	92	2070,25	92	569,163
10	117467	7677647	89	2352,25	89	721,306
11	117476	7677648	32	11130,3	32	891,449
12	117464	7677685	86	2652,25	267	22844,2
13	117425	7677688	267	16770,3	111	23,5918
14	117451	7677681	111	702,25	138	490,306
15	115240	7677716	138	0,25	116	68
16	116052	7677722	546	166872		
			138	125		
			MAX	546		
			MIN	32		

DM 4				BREZ MAX IN MIN		
1	117450	7677521	153	6662,64	153	106,778
2	117493	7677568	149	7331,64	149	205,444
3	117449	7677402	92	20341,9	92	5088,44
4	112959	7677608	197	1415,64	197	1133,44
5	115098	7677246	310	5681,39	310	21511,1
6	115469	7677389	845	372558	79	7112,11
7	117465	7677721	52	33351,9	163	77
8	117469	7677719	79	24219,1		
			235	243		
			MAX	845		
			MIN	52		

DM 5				BREZ MAX IN MIN		
1	116050	7677544	11	19693,4	116	5,29
2	112960	7677474	116	1248,44	69	2430,49
3	116050	7677560	69	6778,78	225	11384,9
4	115137	7677467	225	5426,78	133	216,09
5	115345	7677296	133	336,111	62	3169,69
6	117422	7677639	62	7980,44	145	712,89
7	117493	7677630	145	40,1111	224	11172,5
8	115513	7677689	224	5280,44	106	151,29
9	115150	7677757	106	2055,11	30	7796,89
10	117523	7677745	30	14721,8	73	2052,09
11	117552	7677768	73	6136,11	118	63
12	115468	7677767	622	221527		
			151	156		
			MAX	622		
			MIN	11		

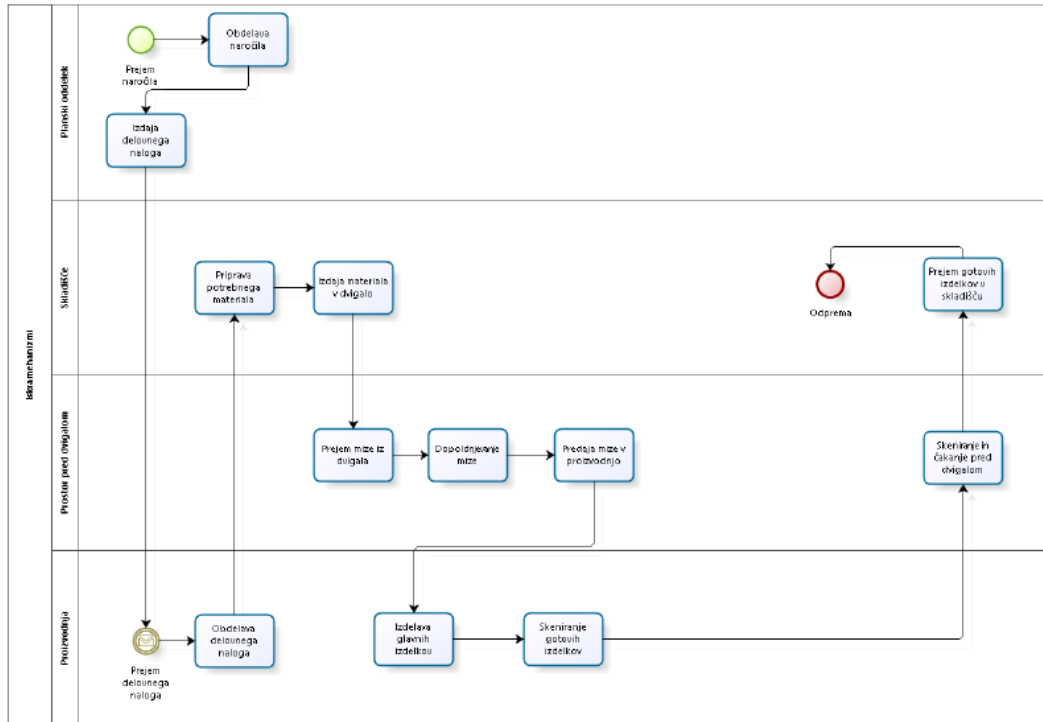
  

DM 7				BREZ MAX IN MIN		
1	124610	7676600	209	85147,2	381	4181,78
2	124610	7677387	381	14352	253	37120,4
3	117480	7677434	253	61404,8	703	66220,4
4	116045	7677628	703	40884,8	446	189
5	124610	7677702	958	209032		
			501	287		
			MAX	958		
			MIN	209		

Slika 4: Tabelarični izračun časov izdelave enega delovnega naloga



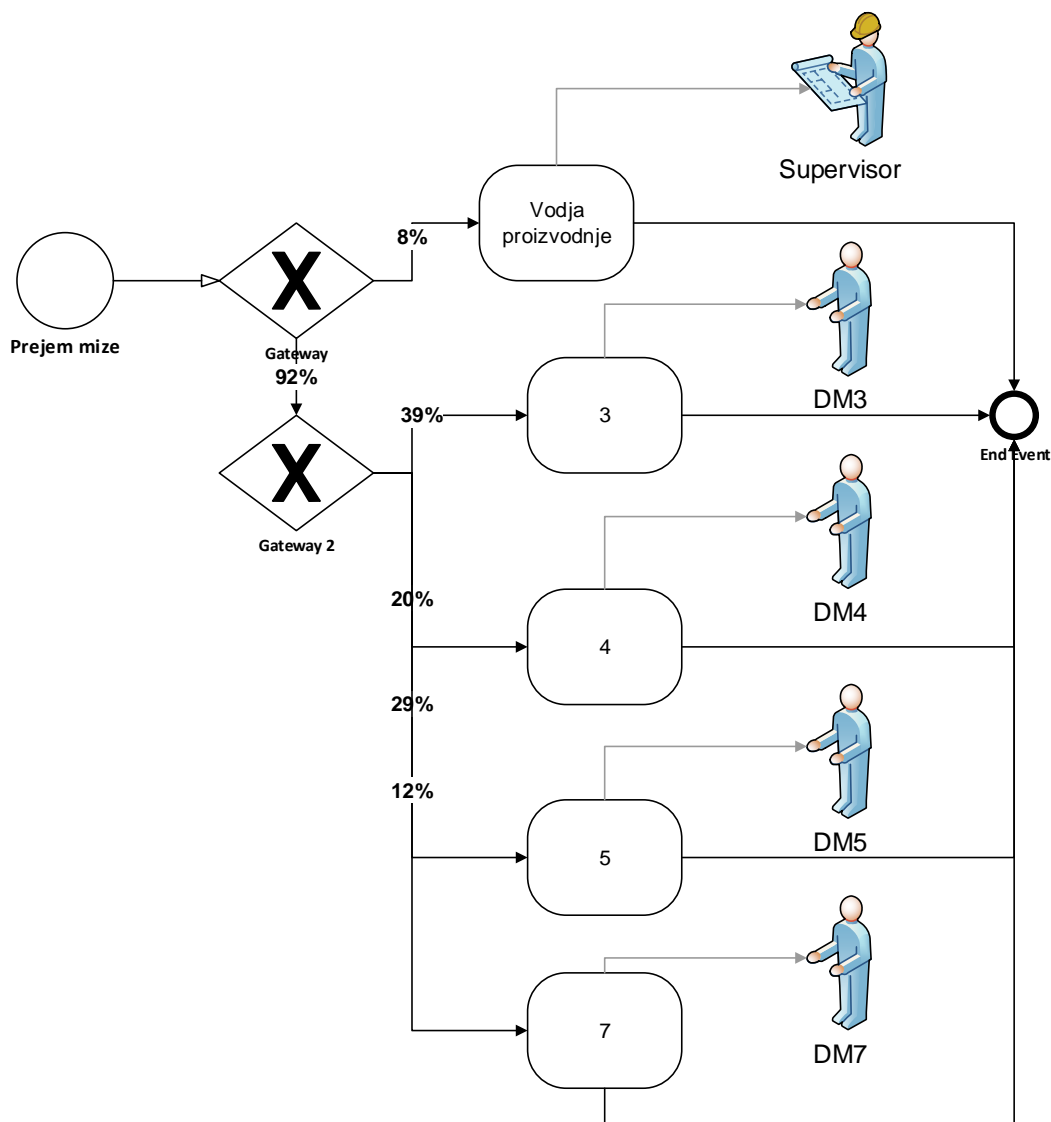
Velika odstopanja so bila zgolj pri minimalnih in maksimalnih časih, zato je drug dodaten izračun končan brez upoštevanja minimalnih in maksimalnih časov. Ti podatki so bili osnova za simulacijski model.



Slika 5: Prvotni model procesa proizvodnje Tyco

## 5. OSNOVNI SIMULACIJSKI MODEL

Za nadaljnjo analizo je bil model zmanjšan in definiran le za proizvodnjo in delovna mesta v proizvodnji. Grafični prikaz se zmanjša zaradi prevelikega obsega in prevelike zapletenosti prvotnega grafičnega modela.



Slika 6: Končna slika grafičnega modela proizvodnje Tyco

Začetni dogodek (angl. Start event) proizvodnega procesa predstavlja prejem mize z materialom na posamezno delovno mesto.

Prihodi v proizvodnjo, ki jih predstavljajo začetki delovnih nalogov, so popolnoma naključni, zato časi za prihode niso definirani. Vhodna količina ni omejena, zato se tvori vrsta. To nima vpliva na končne rezultate, ker spremljamo izhodno količino.

Cilj analize je popis poteka dela v proizvodnji in validacija modela, dokazana s številom končnih delovnih nalogov po vnesenih realnih podatkih. Osnovni podatki so včasih porabljeni za en nalog na posameznem delovnem mestu. Dnevno delavke končajo med petnajst in dvajset delovnih nalogov. Število se spreminja zaradi različnih naročilnih količin in različnih izdelavnih časov izdelkov.

Prva kretnica (angl. First Gateway) razvršča vhodne delovne naloge med vodjo proizvodnje in ostala delovna mesta. Iz tedenskih planov smo razbrali, da del delovnih nalogov dokonča vodja proizvodnje sama. Izdeluje kratke in enostavne delovne naloge. Dnevno to predstavlja 8 % vseh planiranih delovnih nalogov. Med ostala delovna mesta se razporedi preostalih 92 % delovnih nalogov.

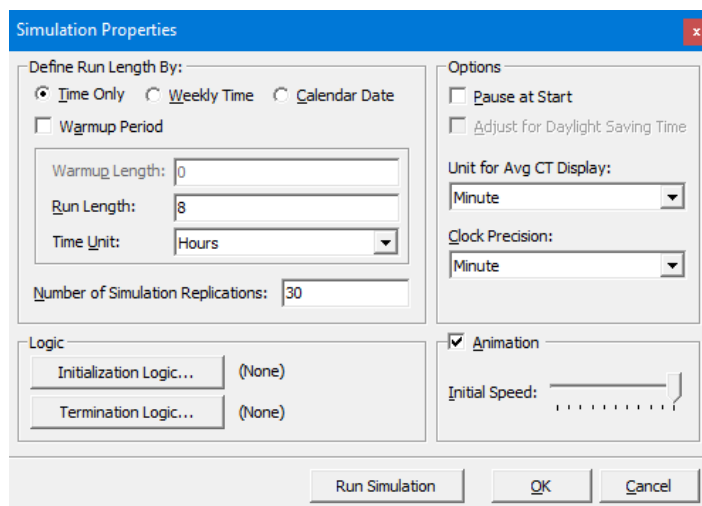
Druga kretnica (angl. Second Gateway) razvršča delovne naloge med posamezna delovna mesta.

Posamezne aktivnosti so delovna mesta. Vsako izmed njih ima drugačen povprečni čas za končanje enega delovnega naloga, prav tako drugačen odstotek delovnih nalogov, ki jih mora zaključiti. V času našega opazovanja stanja so bila zasedena štiri delovna mesta (8 ur - polni delavnik), od katerih je eno delovno mesto na voljo le za polovični delovni čas (4 ure).

Končni dogodek; izhod iz proizvodnje (angl. End event) predstavlja vsak končan delovni nalog. Za validacijo modela smo upoštevali, da mora biti rezultat število med petnajst in dvajset.

## 5.1. SIMULACIJA OSNOVNEGA MODELA

Simulacija osnovnega modela je temeljila na enem delovnem dnevu oziroma osmih delovnih urah. Časi so na delovnih mestih zapisani funkcijsko, zato tudi rezultati niso vedno enaki, torej je različno število končnih dogodkov. Za pridobitev dobrih in uporabnih rezultatov je bila simulacija izvedena s tridesetimi ponovitvami.



Slika 7: Simulacijske možnosti v programu Process Simulator

## 5.2. VALIDACIJA OSNOVNEGA MODELA

Teorija poudarja, da mora biti na modelu pred začetkom simuliranja izvedena validacija. Tako potrdimo realnost, ki jo mora predstavljati model procesa. Validacija modela je glavna predpostavka, ki mora biti izpolnjena pred začetkom prenove, optimizacije, iskanjem problematike procesa itd. Če želimo modelu zaupati, moramo vzpostaviti to zaupanje s pomočjo validacije.

Validacija je potrditev, da model predstavlja stanje procesa v realnem okolju. Pred validacijo modela je smiselna verifikacija oziroma podroben opis posameznega procesa, zarisane v modelu. Za validacijo je priporočljiva tudi akreditacija oziroma potrditev sprejemljivosti modela za uporabljanje v določenih namenih. (Povzeto po: System Engineering Fundamentals, January 2001).

Validacijo smo izvajali iz vidika poteka dela. Cilj je doseči realno število končanih delovnih nalogov v osmih urah. Ker smo v popisu procesa upoštevali ključne elemente, ki vplivajo na potek dela v proizvodnji, in jih definirali tudi v grafičnem modelu, smo lahko izvedli simulacijo realnega stanja.

Na podlagi izračunov, prikazanih pri izračunih časov, smo se odločili uporabiti normalno funkcijo ter definirali povprečni čas, ki je potreben za končanje delovnega naloga posamezne delavke in pripadajoč standardni odklon.

Vsako delovno mesto ima različne čase. Delavke v proizvodnji imajo različno razdeljene kratke in dolge delovne naloge. Razlika je tudi pri delovnem mestu 5, kjer delavka dela polovični delovni čas. Posledično v izdelavo prejema krajše delovne naloge.

## 5.3. REZULTATI SIMULACIJE OSNOVNEGA MODELA

V rezultatih simulacije na osnovnem modelu se število končanih delovnih nalogov giblje med 16 in 18. Delavke imajo skoraj 100 % zasedenost, izjema je delovno mesto 5, ki ima skoraj 50 %.

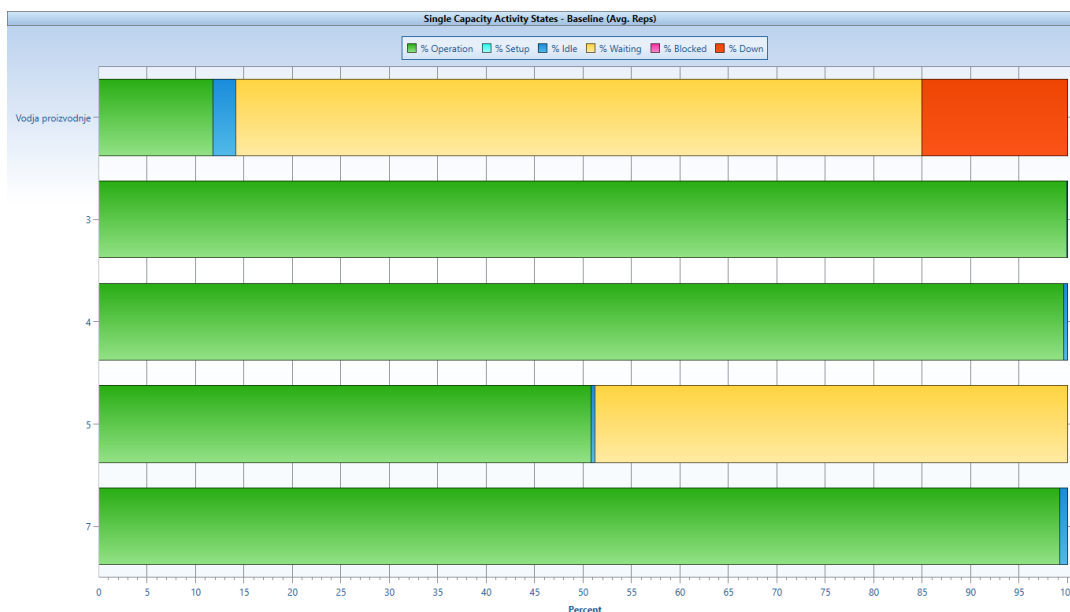
Zaradi neomejenih prihodov je to ciljni rezultat, kajti delo v proizvodnji mora potekati s čim večjo zasedenostjo razpoložljivih kapacitet. V izračunih povprečnega časa za en nalog je že na dnevni ravni upoštevan čas, ki je namenjen odmoru za malico in kavo.

Vodja proizvodnje ima nižjo zasedenost, ker njeni časi za osnovna dnevna opravila niso vključeni v simulacijski model. Vodja ima odgovornost tudi za razporejanje delovnih nalogov, izdajanje zahtevnic za material v skladišče, tiskanje manipulacijskih enot za odpremo, urejanje dokumentacije itd.

Delo ni vsakodnevno enako, naš cilj ni bil popis dela vodje, temveč analiza poteka proizvodnje: Prihodi, aktivnosti v proizvodnji (izdelava produktov) ter izhodi končanih izdelkov.

Scoreboard (Avg. Reps)						
Scenario	Replication	Name	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Cost
OSNOVA	Avg	Prejem mize	16,77	248,99	81,05	6,80

Slika 8: Rezultati simulacije osnovnega modela



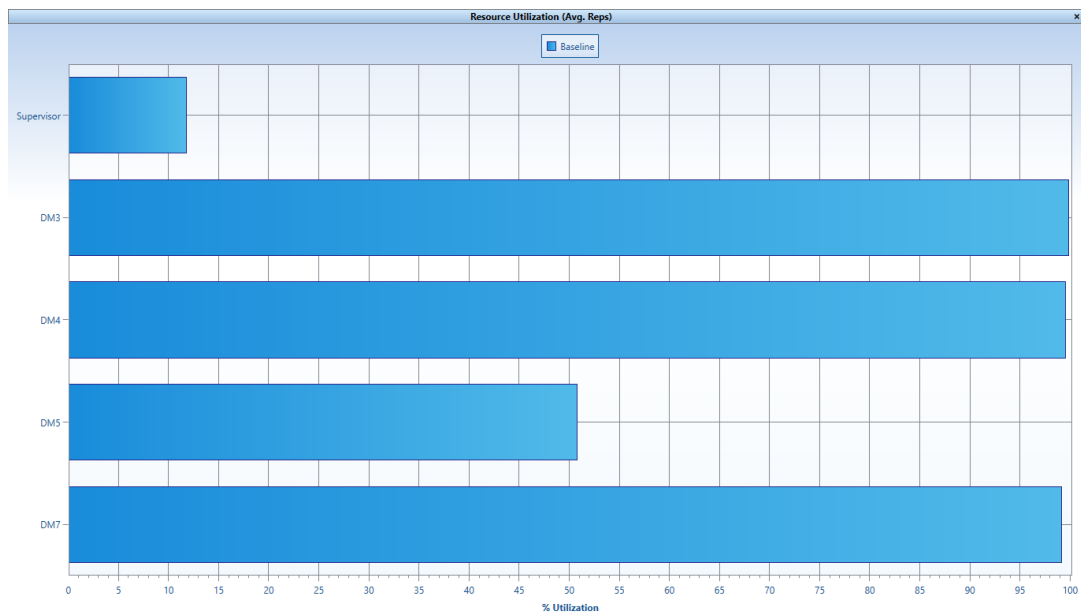
Slika 9: Zasedenost kapacitet delovnih mest v osnovnem modelu

Simulacijsko orodje Process Simulator nam ponuja možnost, da sledimo časom posameznih vhodnih elementov, ko so bili v procesu obdelave.

Glede na različne čase posameznih delovnih mest, je rezultat različen za vsakega izmed njih in se ne ujemajo med seboj.

To dokazuje, da program pravilno deluje in izbira delovna mesta po sistemu, da gre vhodni element naprej na obdelavo k tisti delavki, ki je prosta. Takoj, ko se delovno mesto sprostí, mora biti začéet nov delovni nalog.

V realnem proizvodnem procesu je enako. Ko delavka zaključi delovni nalog, je njena naloga, da evidentira in potrdi končanje naloga s čitalcem ter izdelke preda disponentu v vmesno skladišče pred dvigalo, kjer čakajo na predajo v skladišče in odpremo.



Slika 10: Realizacija dela po posameznih delovnih mestih v osnovnem modelu

Predaja v skladišče se izvede dvakrat dnevno, konec delovnega dne pa se iz spodnjega skladišča izvede odprema h kupcu.

Med časom evidentiranja končanja delovnega naloga disponent že dostavi material za naslednji delovni nalog na delovno mesto.

Če je potrebna sprememba orodja, si ga delavka namesti sama. Orodja so preprosta in shranjena v proizvodnji. Tako lahko začne v kratkem času izvajati delo z materialom za nov delovni nalog.

Postopek prejema materiala, dodatnega zalaganja delovnega mesta, končanja in evidentiranja delovnega naloga se ponavlja vedno na enak način. Delavke so pri tem spretno in s pomočjo tehnologije je njihovo delo olajšano, da ni težav s poročanjem o končnih izdelkih.

## 6. »KAJ ČE« (»WHAT IF«) ANALIZA

Na podlagi potrjenega osnovnega modela lahko s simulatorjem testiramo in analiziramo različne scenarije, ki so možni v proizvodnji. Brez poseganja v proizvodni proces lahko pridobimo vpogled v stanje po spremembah procesa, ker se spreminja samo model. Prednost, ki jo s tem pridobimo, je, da ne nastajajo stroški ali napake kot posledica prehitrih ali napačnih odločitev.

Vse analize temeljijo na enakih predpostavkah:

- proces je definiran za 8 urni delavnik,
- vsak scenarij je simuliran z 10 ponovitvami,
- čas dela je funkcijsko določen,
- prihod v sistem je periodičen, in sicer pride v proizvodnjo vsakih 5 minut 10 nalogov,
- dnevno mora biti zaključenih od 15 do 20 delovnih nalogov.

### 6.1. SCENARIJ 1

Prvi scenarij prikazuje, kako se spremeni število končanih delovnih nalogov ob predpostavki, da večje število delovnih nalogov dodelimo v delo vodji proizvodnje. Vodja proizvodnje v osnovnem modelu izdeluje le kratke delovne naloge, da lahko poleg nemoteno opravlja vodstveno delo. Povprečni čas za končanje enega delovnega naloga je 10 minut, standardni odklon pa je 6 minut. Zaradi velikega nabora različnih končnih izdelkov je veliko nihanje med časi.

Za analizo smo spremenili odstotek pri prvi kretnici. Prvotno je na vodjo usmerjenih 8 % delovnih nalogov, sedaj pa smo število zvišali na 15 %.

Upoštevati moramo, da, če vodja prejme večje število delovnih nalogov v izdelavo, to pomeni, da dobi tudi daljše delovne naloge. Zato se podaljša čas za dokončanje enega delovnega naloga ter zviša odstotek razpoložljivosti delovnega mesta vodje proizvodnje. S povečano obremenitvijo vodje proizvodnje smo skušali doseči cilj, da bi zmanjšali potrebo po ostalih delavkah. Odstotek smo zviševali počasi, da smo z izhodi dosegli številko, ki se giblje med 15 in 20 končanih delovnih nalogov (izhodov).

Za nadomestilo celotnega delovnega mesta 5, kjer je bila postavljena delavka, ki je zaposlena zgolj za polovični delovni čas, smo s poskušanjem prišli do odstotka pri prvi kretnici in do odstotka razpoložljivosti vodje.

Naslednji parameter, ki se spremeni in ga ne smemo zanemariti, je deljenje delovnih nalogov pri drugi kretnici. Ker je delovno mesto 5 ukinjeno, se njeni odstotki preusmerijo na ostale tri delavke. Kljub spremembam je cilj minimalno 15 izhodov v osmih urah.

#### SPREMEMBE

- Prva kretnica (angl. Gateway 1)
  - Vodja proizvodnje prejme v izdelavo 15 % delovnih nalogov (7 % več kot v osnovnem modelu).

- Druga kretnica (angl. Gateway 2):
  - Odstotki pri ostalih delovnih mestih se spremenijo: sorazmerno glede na prejšnje odstotke se po izračunu zvišajo odstotki zaradi zmanjšanja števila delovnih mest.
- Delo vodje proizvodnje
  - Razpoložljivost vodje proizvodnje se zviša iz 30 % na 70 %. Simulator ne bo zasedel vsega časa, ker je omejitev za količino delovnih nalogov podana že s prvo kretnico.
  - Čas končanja enega delovnega naloga pri vodji proizvodnje se sorazmerno zviša. Še vedno je funkcijski predpis, le časovne veličine se spremenijo. Daljši čas je definiran, ker je ob prejemu večjega števila nalogov potrebno končati tudi daljše in obširnejše delovne naloge.
- Ostala delovna mesta
  - Delovno mesto 5 je ukinjeno.
  - Časi dela pri ostalih delavkah se zaradi časov, ki so bili definirani za delovno mesto 5, spremenijo

## REZULTATI SIMULACIJE PRVEGA SCENARIJA

Po uvedenih spremembah je število končanih delovnih nalogov manjše. Vendar v vseh poskusih ne manjše od 15.

Scoreboard (Avg. Repts)						
Scenario	Replication	Name	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Cost
OSNOVA1	Avg	Prejem mize	16,77	248,99	81,05	6,80
Scenarij1	Avg	Prejem mize	15,10	252,00	88,54	7,80

Slika 11: Rezultati simulacije 1. scenarija

S tem lahko predpostavimo, da, če vodjo bolj obremenimo, lahko delovni dan zaključimo uspešno s končanjem vsaj 15 delovnih nalogov, brez delavke, ki je zaposlena za 4 ure.





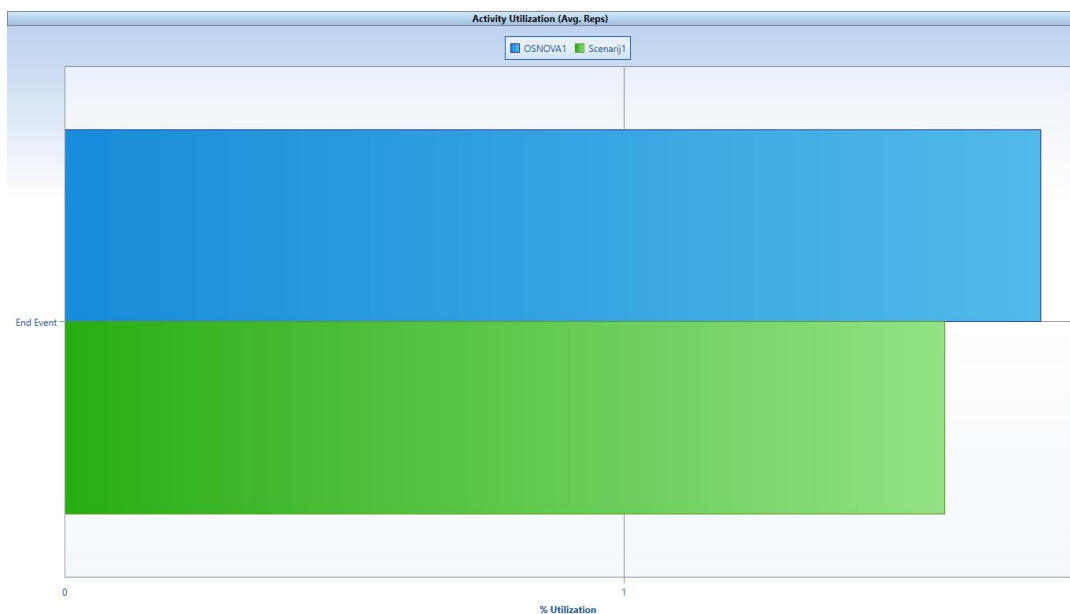
Slika 12: Grafični prikaz spremembe zasedenosti delovnih mest

Graf na sliki 12 prikazuje povečano obremenjenosti vodje proizvodnje. Ker smo ukinili delovno mesto 5, se te dejavnosti v novem scenariju ne vidi več.



Slika 13: Grafični prikaz spremembe obremenitve vodje proizvodnje

Simulator omogoča prikazovanje rezultatov na več načinov. Prvi graf je prikazoval obremenjenost vseh delavk, vključno z vodjo. Graf na sliki 13 pa prikazuje urne intervale uporabe posameznega delovnega mesta. Zasedenost ni vedno enaka, očitna pa je razlika med osnovnim modelom in prvim scenarijem.



Slika 14: Grafični prikaz spremembe števila končnih izhodov iz procesa

Glavni rezultat, ki ga spremljamo, je uspešnost z izhodnimi dogodki. Slika 14 prikazuje preprost graf za primerjavo števila izhodnih dogodkov prvega scenarija z osnovnim modelom.

Delež končanih delovnih nalogov pade, ko ukinemo delovno mesto 5 in bolj obremenimo vodjo. Vodja je še vedno obremenjena manj kot 70 %.

V primeru, da pride do nenadnega povečanja obsega dela ali odsotnost delavk, bi vodjo lahko bolj obremenili in dosegli zadovoljiv rezultat.

## 6.2. SCENARIJ 2

Končni rezultati niso odvisno samo od delavk v proizvodnji, ampak tudi od ostalih sodelavcev in vplivov. Na nekatere ni mogoče vplivati ali pa so nepredvidljivi.

Pomemben element pri proizvodnem oddelku Tyco je zalaganje proizvodnje iz glavnega skladišča v dvigalo in zalaganje delovnih mest. Ker vsak posamezen odmik od standarda vpliva na celoten proces, smo v drugem scenariju prikazali, kako se proces odziva, če upoštevamo tudi morebitne zastoje. Zastoji so prikazani z dodanim čakalnim časom v prvi kretnici. Simulacija pokaže, kako hitro in kako močno reagira proces in kako to vpliva na proizvodnjo.

Zanimalo nas je, za koliko se ob čakanju zmanjša število končanih delovnih nalogov.

### SPREMEMBE

- V prvem podscenariju je čakalni čas v drugi kretnici (angl. Gateway 2) 5 minut in čakalni čas v prvi kretnici (angl. prvi Gateway) 5 minut,
- v drugem podscenariju smo dodali čakalni čas 5 minut samo za prvo kretnico (angl. Gateway 1),

- v tretjem podscenariju se poveča čakalni čas v prvi kretnici (angl. Gateway 1) na 10 minut, za boljši pregled nad spremembo števila izhodov.

## REZULTATI SIMULACIJE DRUGEGA SCENARIJA

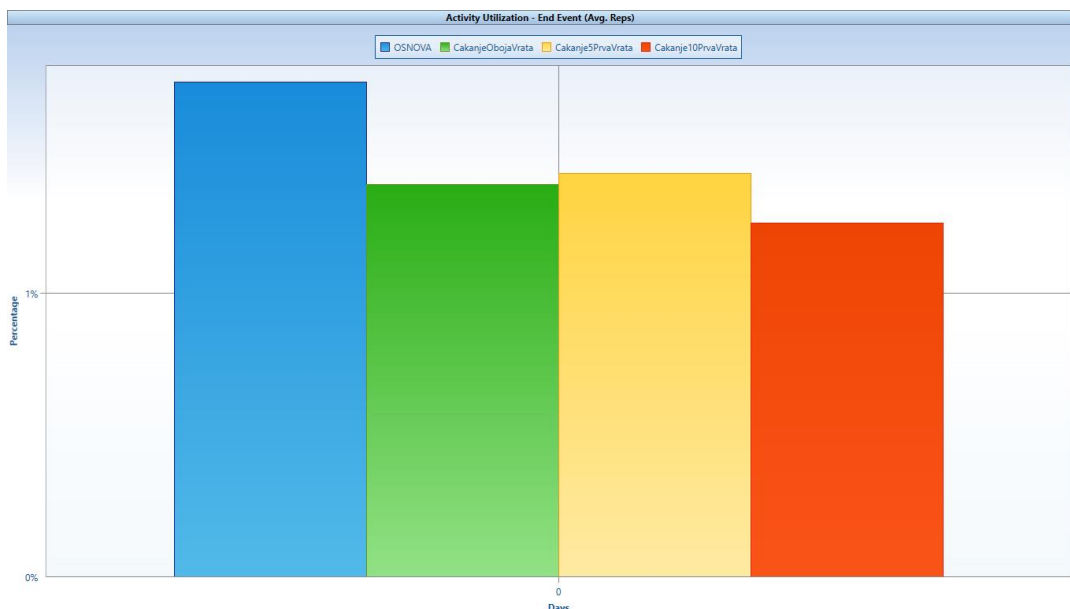
Scoreboard (Avg. Reps)						
Scenario	Replication	Name	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Cost
OSNOVA	Avg	Prejem mize	16,77	248,99	81,05	6,80
CakanjeObojaVrata	Avg	Prejem mize	13,30	270,91	88,71	6,40
Cakanje5PrvaVrata	Avg	Prejem mize	13,67	268,31	86,71	6,83
Cakanje10PrvaVrata	Avg	Prejem mize	12,00	281,45	98,23	7,36

Slika 15: Rezultati simulacije 2. scenarija

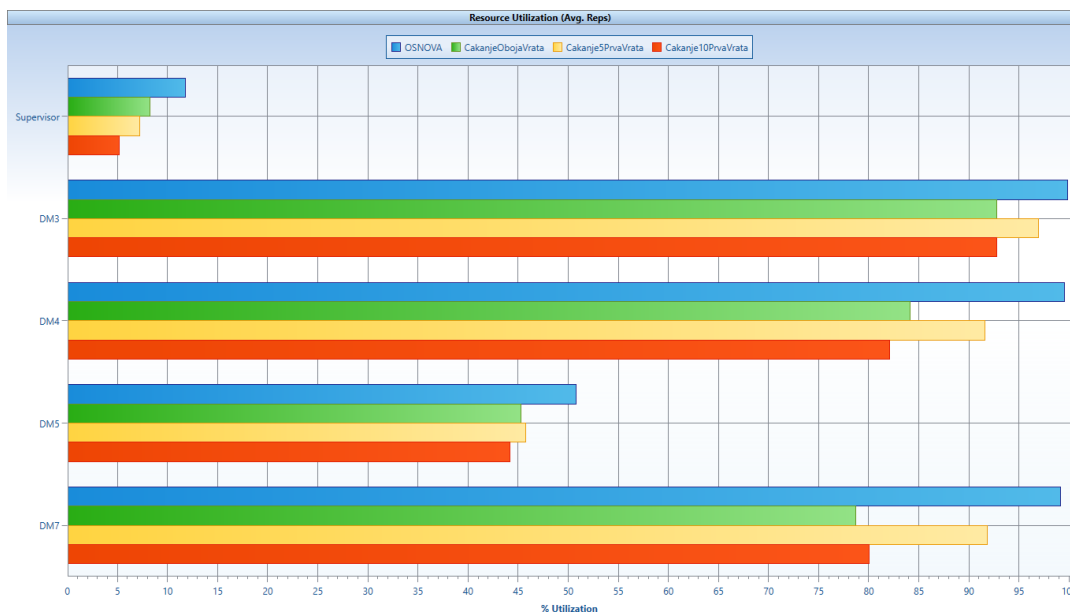
Proces se hitro odziva. Tabela na sliki pokaže, da 5 minut pri posameznem delovnem nalogu lahko povzroči zmanjšanje izhodov za tri delovne naloge. V primeru čakanja 10 minut se uspešnost procesa še zmanjša; število izhodov približno štiri delovne naloge manjše kot v osnovnem modelu.

Ko zvišamo čakalni čas, povzročimo tvorjenje vrste pred razvrstitvijo. V enem dnevu pomeni padec za 3 delovne naloge tedensko padec 15 delovnih nalogov. V primeru, da se te zamude pojavljajo večkratno, je potrebno ukrepati. Prva predpostavka je, da se dobro preuči proces in se najde krivdo za odstopanje.

Vpliv je močan in v primeru, da zastoji nastajajo zaradi delavcev, je včasih prava rešitev že motivacija, s katero spodbudimo delavca za izboljšanje. Če pa je problem kompleksnejši in obširnejši, so nujne predhodne analize morebitnih ukrepov za reševanje posamezne težave.



Slika 16: Grafični prikaz števila izhodov ob uvedbi sprememb



Slika 17: Grafični prikaz spremembe obremenitve delovnih mest

### 6.3. SCENARIJ 3

V tretjem scenariju spremljamo en parameter na več načinov, da nastane več podscenarijev. Cilj je analizirati, kako vplivajo spremembe povprečnih časov izdelave enega delovnega naloga pri delavkah za določen odstotek. Testirali smo 10-odstotno spremembo, ki smo jo kasneje zvišali na 20-odstotno.

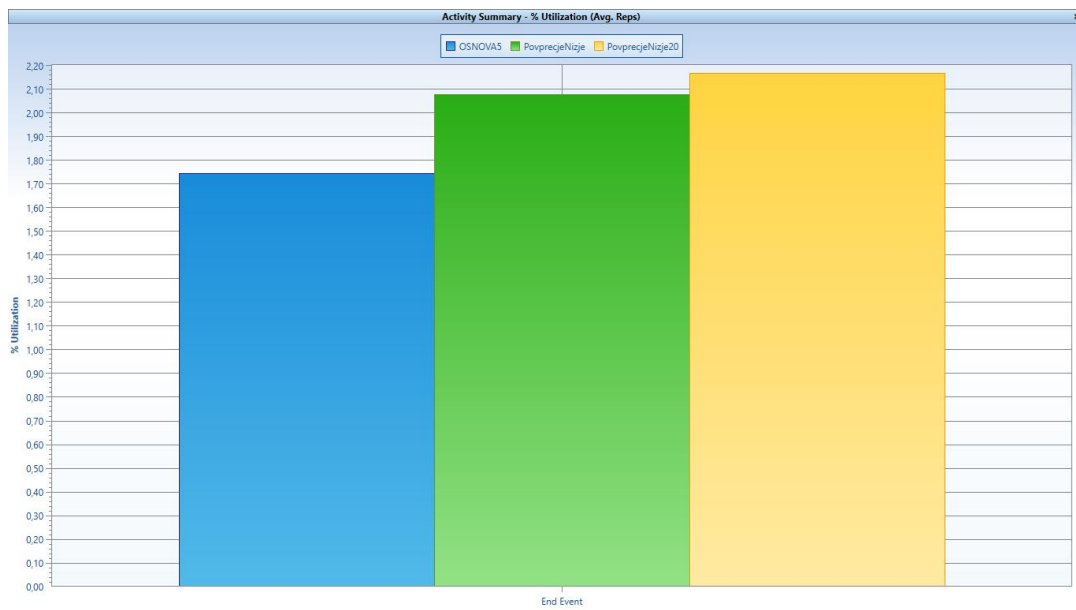
#### REZULTATI SIMULACIJE TRETJEGA SCENARIJA

Z nižanjem povprečnih časov pospešimo delo v proizvodnji. 20 % nižji časi izboljšajo izhode za tri delovne naloge.

Število izhodov raste, ko zmanjšujemo čase izdelave.

Scoreboard (Avg. Reps)						
Scenario	Replication	Name	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Cost
OSNOVA5	Avg	Prejem mize	16,77	248,99	81,05	6,80
PovprecjeNizje	Avg	Prejem mize	19,97	230,82	70,22	5,89
PovprecjeNizje20	Avg	Prejem mize	20,80	233,88	68,63	5,74

Slika 18: Rezultati simulacije 3. scenarija ob nižanju povprečnih časov

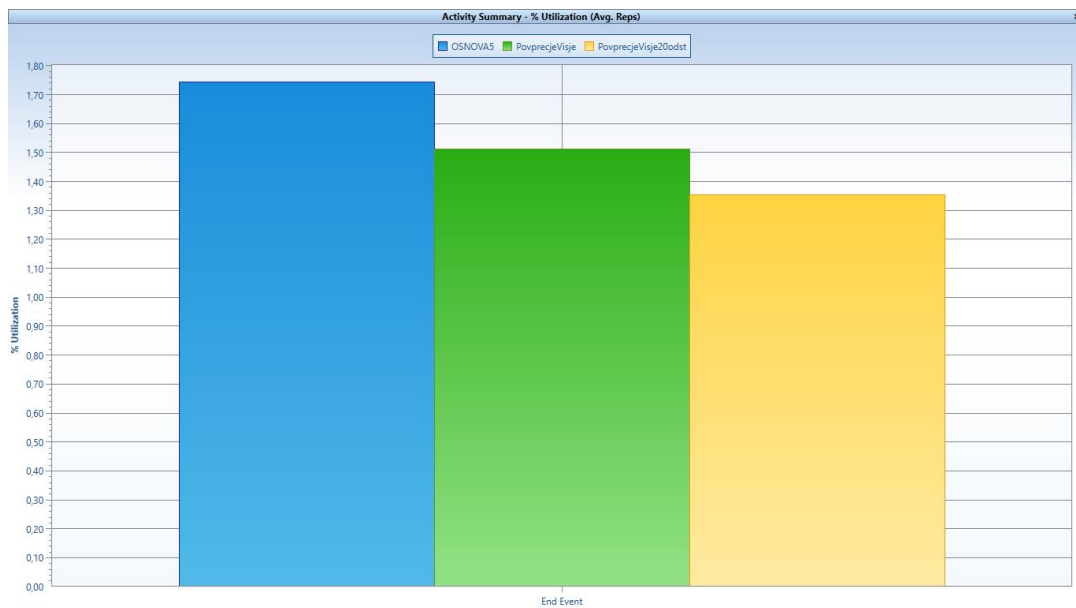


Slika 19: Grafični prikaz spremembe števila izhodov iz procesa ob nižjih povprečnih časih izdelave

Z višanjem povprečnega časa se podaljšuje čas izdelave, zato je v enem delovnem dnevu zaključenih manj delovnih nalogov.

Scoreboard (Avg. Reps)						
Scenario	Replication	Name	Total Exits	Average Time In System (Min)	Average Time In Operation (Min)	Average Cost
OSNOVA5	Avg	Prejem mize	16,77	248,99	81,05	6,80
PovprecijeVisje	Avg	Prejem mize	14,53	247,01	92,21	7,75
PovprecijeVisje20odst	Avg	Prejem mize	13,00	242,67	86,64	7,29

Slika 20: Rezultati simulacije 3. scenarija ob višanju povprečnih časov



*Slika 21: Grafični prikaz spremembe števila izhodov iz procesa ob višjih povprečnih časih izdelave*

Kapaciteta zasedenosti delovnih mest se ne spreminja, ker so delovna mesta ves razpoložljiv čas zasedena z delom. Lahko primerjamo tudi delavke, če imamo izdelovanje enakega izdelka in sledimo hitrosti. Odstopanja so različna, ker ima vsaka delavka drugačno hitrost dela. Paziti je treba na večja odstopanja.

## **7. ANALIZA IN OCENA UPORABNOSTI SIMULACIJ**

### **7.1. SPREMLJANJE PROCESA IN IZBOLJŠAVE**

Sodobne organizacije, ki imajo svojo vizijo usmerjeno v dolgoročno uspešno poslovanje, zadovoljstvo kupcev, poslovnih partnerjev in zaposlenih, se morajo zavedati pomembnosti nenehnega izboljševanja.

Glavna načela managementa kakovosti so izredno uporabna za doseganje teh ciljev. Eno izmed glavnih načel in vodil TQM-a (Total Quality Management-a) je, da učinkovito organizacijo lahko vzpostavimo samo ob sodelovanju vseh elementov, ki so vpleteni v proces, neodvisno od odgovornosti in položaja, ki ga zaseda v organizaciji.

Management celovite kakovosti poudarja pomembnost urejenosti procesov. Če so kakovostni, stroškovno učinkoviti in produktivni, lahko podjetju dolgoročno prinašajo uspeh. Procesi so živi del posamezne organizacije, zato jih je pomembno spremljati, meriti in nenehno izboljševati. Med dobro analizo procesa naletimo na parametre, ki odstopajo od normativov in odgovorni za proces morajo ustrezno ukrepati. (Povzeto po: Maletič, 2015)

Vsak proces se skozi čas spreminja. Nemogoče je postaviti proces in pričakovati, da bo uspešen in uporaben ves čas svojega delovanja. Vsi procesi imajo svoj življenjski cikel. V vsakem izmed njih pa se posamezne karakteristike spreminjajo. To je ključna predpostavka, ki mora vsako podjetje voditi do spoznanja, da proces spremljajo, spreminjajo, popravljajo in izboljšujejo. Ob uvedbi je lahko neki proces popoln, vendar sčasoma pride do posameznih odstopanj, poslabšanj ali morebiti novosti, ki bi jih lahko uvedli. V času delovanja nam že spremljanje procesa pokaže, kako se proces obnaša in ob pozornosti lahko odkrijemo ključne spreminjajoče se elemente.

Podjetja, ki imajo dolgoročno cilj uspešno poslovati, morajo izvajati in spremljati poslovne procese na podlagi meril. Merila omogočajo uspeh in učinkovitost procesa. Potrebno je definirati merila procesa, ki so predpostavka za izboljševanje. So pokazatelj delovanja in poteka posameznega procesa.

Z merili so podane smernice za doseganje ciljev. So glavni pokazatelj pravilnosti, uspešnosti in sposobnosti procesa. Poznamo merila, ki temeljijo na različnih izhodiščih: vhodna, izhodna in procesna merila.

Naša tematika je usmerjena v proces proizvodnje, zato je pomembno omeniti procesna merila. Z njimi opredelimo potek proizvodnje, ozka grla in kakovost procesa in izdelkov. Pomemben del so tudi izhodna količina ter nastali stroški.

### **7.2. METODE IN TEHNIKE ZA IZBOLJŠEVANJE PROCESOV**

Na voljo je več tehnik uvajanj izboljšav v proces.

Glede na odločitev in potrebe posameznega podjetja je odvisno, katero uporabljajo s ciljem boljšega doseganja ciljev.

Zaradi napredka na vseh področjih, ki vplivajo na poslovanje, je nujno za uspešna podjetja, da se zavedajo pomena uvajanja sprememb in izboljšav. Spremembe in izboljšave se morajo izvajati na vseh področjih. Če želimo izboljšati proizvodni proces, moramo vedno pogledati širše, ker ni nujno, da bomo z izboljšanjem proizvodnje dosegli željen rezultat. Močan vpliv imajo drugi soodvisni procesi kot npr. skladiščno poslovanje, planiranje proizvodnje, nabava materiala, vodstveni kadri itd. V vsako spremembo je zato treba vključiti vse nivoje organizacije.

### 7.3. PRISTOPI NENEHNEGA IZBOLJŠEVANJA

Za uspeh je pomembno stalno izboljševanje. Enkrat uvedene spremembe in izboljšave niso zagotovilo za doživljenjski uspeh. Pomembno je celovito upravljanje kakovosti (TQM). Z različnimi metodami, tehnikami in koncepti, ki jih vključuje TQM, so cilji bližji. Vendar nikoli ne sme biti dovolj dobro, da bi zaključili izboljševanje. Popolnosti v realnem svetu ni, ključna pa je želja po popolnosti, ki je motivacija za spremembe, izboljšave, optimizacije in inovacije.

Za nenehno izboljševanje so v pomoč:

- standard ISO,
- EFQM → temelj so odlični rezultati delovanja, odjemalcev, zaposlenih in celotne organizacije; le-ti pa se dosegajo z uspešnim vodenjem, uspešnimi kadri in partnerji ter viri in procesi v podjetju (Škafar, 2005, 105),
- Demingov krog (PDCA) → načrtovati, narediti, preveriti, ukrepati (Plan, Do, Check, Act).

Možnosti za spremljanje in izboljševanje je več. Lahko se odločimo za eno metodo izboljševanja ali pa kombiniramo več tehnik, odvisno od procesa.

Podjetje Iskra Mehanizmi se trudi na področjih nenehnih izboljšav in, ko smo med raziskovanjem spremljali njihovo delovanje, smo zasledili posamezne elemente, ki so ključni pri izboljšavah. Trudijo se z vlaganjem v znanje zaposlenih, kajti ne glede na razmere na trgu je težko najti delavce, ki bi bili usmerjeni v skupno doseganje ciljev.

Na različnih področjih in na različne načine iščejo kritične točke, na katerih je največ izgub za podjetje.

Opazili smo nekaj le-teh:

- popis procesov,
- nenehno spremljanje procesov, odstopanj,
- spremljanje stroškovne učinkovitosti,
- spremljanje kasnitve zaključkov proizvodnih delovnih nalogov,
- spremljanje stroškov, nastalih v logistiki (skladiščenje materiala, zalaganje proizvodnje ...),
- optimizacija procesov.

### 7.4. UPORABA SIMULACIJSKEGA ORODJA V REALNEM OKOLJU

Simulacijsko orodje je uporabno zaradi vseh v teoriji naštetih prednosti, ki jih ponuja organizaciji. V našem primeru se je pokazalo, da lahko s popisom procesa, ki ga nadgradimo z grafičnim modelom, in izvedbo simulacije pridemo do marsikaterih spoznanja brez spreminjanja realnega stanja.



Spremembe in posegi v procesu lahko povzročijo:

- napake zaradi nepravilnih optimizacij, izboljšav, popravkov itd.,
- stroške napak,
- nejasnosti v procesu,
- nezadovoljstvo zaposlenih zaradi napačnih sprememb,
- nezadovoljstvo kupcev zaradi morebitnega poslabšanja procesa,
- izgubo časa, ki je povezana z dodatnimi stroški ...

Zagotovo je za vsako podjetje eden izmed ključnih dejavnikov, ki bi jih lahko spodbudili k popisu procesa in uporabi simulacijskega orodja, zmanjšanje verjetnost za napačne odločitve. Večje spremembe so lahko usodne za delovanje nekega procesa ali za podjetje.

Ob uvajanju vsakih sprememb procesa si v podjetjih prizadevajo predvideti stanje po uvedbi le-teh. S simulacijami lahko bolj natančno pridobimo rezultate, kako bo proces potekal po spremembah v prihodnosti.

Želimo poudariti, da je dober popis procesa ključen, kajti, ko s simulacijo pridobimo ob realnih vnesenih podatkih tudi realne podatke o izhodih, lahko na tak model, na katerem smo izvedli validacijo, dodajamo spremembe. Le z validacijo pridobimo potrjen model, ki je uporaben za nadaljnjo analizo.

Druga velika prednost, če izvzamemo željo po spremembah, je spoznavanje procesa. Ob modeliranju, popisu in analizi procesa ključni kadri spoznajo delovanje le-tega. Hkrati se pokažejo kritične točke oziroma ozka grla, ki zahtevajo večjo pozornost. Na elementih, ki vplivajo na ozka grla, je potrebno iskati izboljšave in popravke. Proces bo le tako lahko v prihodnosti uspešen in tekoč.

Zgovoren primer je 2. scenarij našega raziskovalnega dela, kjer smo s simulatorjem pokazali, za koliko se zmanjša število izhodov iz procesa, če podaljšamo čakalni čas. Lahko pa bi testirali nasprotni primer, če bi že vnaprej imeli definiran zastoj (ki bi morebiti že obstajal v procesu) in bi želeli najti točke, kjer je potrebna izboljšava, da se ta čas skrajša. Če je podana minimalna količina dnevni izhodov, bi testirali, do kolikšne mere se mora zastoj zmanjšati, da bi dosegli cilj.

Žal so podjetja pri uporabi simulacijskih orodij zelo omejena. Glavna omejitev je cena zakupa licence za uporabo programa. Dodaten strošek povzroči dejstvo, da morajo najeti strokovnjaka za popis in kritično analizo procesa, za izris modela in za simulacijo. V posameznih podjetjih se včasih težko najde dovolj strokovno usposobljenih ljudi, ki bi lahko za velike odločitve, za zapletene procesa vse to izvedli sami.

## 8. ZAKLJUČEK

Predstavili smo preprost primer. Proces je bil nezapleten in ni bil preobširen. Velika prednost je bila pomoč s strani mentorja, ki je s svojim znanjem in strokovnostjo usmerjal raziskavo v pravo smer in opozarjal na napake in pomanjkljivosti.

S tem raziskovalnim delom smo dokazali, da obstaja uporabnost simulacijskega orodja. Strinjamo se, da uporaba ni smiselna za vsako spremembo, ker je investicija previsoka in običajno pri majhnih spremembah napake nimajo tako velikih posledic. Vendar pa, če se podjetja odločajo za večje spremembe, inovacije ali celo uvajajo nove pomembne procesa, priporočamo modeliranje in simulacijo.

Težko je splošno definirati, kateri proces in katero podjetje je bolj upravičeno, da investira v to. Odločitev je na ravni vsakega podjetja ali procesa odvisna tako od vodstva kot tudi od temeljnih ciljev organizacije. Možno pa je tudi, da neki dobavitelj, kupec, investitor itd. pred sklenitvijo pogodbe o sodelovanju to tudi zahteva. Nikomur ni v interesu vlagati v posel, ki nima vsaj okvirnih zagotovil za uspeh.

## LITERATURA

- Drevenšek G. (2011). *Optimizacija poslovnih procesov z uporabo simulacij*. Diplomsko delo, Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko.
- Jošt, G. (2010). *Primerjava modeliranja poslovnih procesov v različnih programskih okoljih*. Diplomsko delo. Maribor: Univerza v Mariboru: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko.
- Korošec, M. (2006). *Upravljanje poslovnih procesov izpolnitve naročil v telekomunikacijskem podjetju*. Magistrsko delo, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta.
- Kovačič, A. in Bosilj Vukšič, V. (2005). *Management poslovnih procesov*. Ljubljana: GV založba.
- Ljubič, T. (2000). *Planiranje in vodenje proizvodnje: modeli, metode, podatki*. Kranj: Moderna organizacija.
- Ljubič, T. (2006). *Operativni management proizvodnje*. Kranj: Moderna organizacija.
- Maletič M. (2015). *Interno gradivo: Predavanja. Inženiring kakovosti*
- Polančič, G. Jošt, G. *Analiza upravljanja poslovnih procesov z BPMN 2.0*. Uporabna informatika, številka 3 - letnik XX. Str. 153-163.
- Popovič, A. (2012). *Uporabnost simulacijskega modeliranja pri projektih prenove poslovanja*. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljana, Ekonomska fakulteta.
- Šnut, M. (2016). *Proces nenehnih izboljšav v proizvodnem podjetju*. Diplomsko delo, Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede.
- Urh, B. (2016). *Interno gradivo, predavanja: Organizacija proizvodnih procesov*.

## ELEKTRONSKI VIRI

- BizAgi (2010), *Business Process Management (BPM) and Workflow Automation Solutions*.  
Dostopno prek <http://www.bizagi.com/>
- Bizagi Process Modeler User's Guide*.  
Pridobljeno dne 03. 06. 2016, s strani  
[http://help.bizagi.com/processmodeler/en/index.html?simulation\\_in\\_bizagi.htm](http://help.bizagi.com/processmodeler/en/index.html?simulation_in_bizagi.htm)

- Hlupic, V., De Vreede, G.J., Orsoni, A.: *Modelling and Simulation Techniques for Business Process Analysis and Re-engineering*. Pridobljeno dne 20. 05. 2016, s strani <http://ijsst.info/Vol-07/No-4-5/Paper1.pdf>
- Iskra Mehanizmi; *O podjetju*. Pridobljeno dne 26. 06. 2016, s strani [http://www.iskra-mehanizmi.si/ISM\\_slo,,podjetje,o\\_podjetju.htm](http://www.iskra-mehanizmi.si/ISM_slo,,podjetje,o_podjetju.htm)
- Kosi, T. (2010). *Poslovni procesi*. Ljubljana: Zavod IRC, Ljubljana. Dostopno prek: [http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/vs/Gradiva\\_ESS/Impletum/IMPLETUM\\_61EKONOMIST\\_Posl\\_proces\\_i\\_Kosi.pdf](http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/vs/Gradiva_ESS/Impletum/IMPLETUM_61EKONOMIST_Posl_proces_i_Kosi.pdf) (dne 05. 05. 2016).
- Mihelič, A., Škafar, B. (2008). *Poslovni procesi*. Ljubljana: Zavod IRC, Ljubljana. Pridobljeno dne 05. 05. 2016, s strani [http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/vs/Gradiva\\_ESS/Impletum/IMPLETUM\\_62EKONOMIST\\_Posl\\_proces\\_i\\_Mihelic.pdf](http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/vs/Gradiva_ESS/Impletum/IMPLETUM_62EKONOMIST_Posl_proces_i_Mihelic.pdf)
- Pivnička, M. Ferencíková D. (2014). *Possibilities of Using Computer Simulation in Production Process*. Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Bali, Indonesia, January 7-9, 2014 (1273-1280). Pridobljeno dne 01. 06. 2016, s strani: <http://ieomsociety.org/ieom2014/pdfs/286.pdf>
- Process Simulation; *Signavio*. Pridobljeno dne 26. 06. 2016, s strani <http://www.signavio.com/process-simulation/>
- ProModel - *Technology Enabled Predictive Analytics Simulation*. Pridobljeno dne 29. 06.2016, s strani <https://www.promodel.com/products/processsimulator/#tabbed-nav=tab1>
- Signavio (b. d.). *BPM + SaaS by Signavio. Business Process Management - Signavio*. Dostopno prek; <http://www.signavio.com/en.html>
- Stewart Robinson. (2004). *Simulation: The Practice of Model Development and Use*. British Library of Congress Cataloging in Publication Data. Pridobljeno dne 23. 05. 2016, s strani: [http://197.14.51.10:81/pmb/GENIE\\_DES\\_PROCEDES/Simulation%20The%20Practice%20of%20Model%20Development%20and%20Use.pdf](http://197.14.51.10:81/pmb/GENIE_DES_PROCEDES/Simulation%20The%20Practice%20of%20Model%20Development%20and%20Use.pdf)

*System Engineering Fundamentals*. Januar 2001.

Pridobljeno dne 20. 05. 2016, s strani:  
[http://ocw.mit.edu/courses/aeronautics-and-astronautics/16-885j-aircraft-systems-engineering-fall-2005/readings/sefguide\\_01\\_01.pdf](http://ocw.mit.edu/courses/aeronautics-and-astronautics/16-885j-aircraft-systems-engineering-fall-2005/readings/sefguide_01_01.pdf)

The MITRE Corporation. (2014). *Systems Engineering Guide*.

Pridobljeno dne 15. 05. 2016, s strani:  
<http://www.mitre.org/sites/default/files/publications/se-guide-book-interactive.pdf>

## KAZALO SLIK

Slika 1: Proizvodni tok.....	4
Slika 2: Primer izdelkov proizvodnje Tyco .....	13
Slika 3: Delavnica proizvodnje Tyco.....	14
Slika 4: Tabelarični izračun časov izdelave enega delovnega naloga .....	18
Slika 5: Prvotni model procesa proizvodnje Tyco.....	19
Slika 6: Končna slika grafičnega modela proizvodnje Tyco .....	20
Slika 7: Simulacijske možnosti v programu Process Simulator .....	21
Slika 8: Rezultati simulacije osnovnega modela.....	23
Slika 9: Zasedenost kapacitet delovnih mest v osnovnem modelu .....	23
Slika 10: Realizacija dela po posameznih delovnih mestih v osnovnem modelu ....	24
Slika 11: Rezultati simulacije 1. scenarija .....	26
Slika 12: Grafični prikaz spremembe zasedenosti delovnih mest.....	27
Slika 13: Grafični prikaz spremembe obremenitve vodje proizvodnje .....	27
Slika 14: Grafični prikaz spremembe števila končnih izhodov iz procesa.....	28
Slika 15: Rezultati simulacije 2. scenarija .....	29
Slika 16: Grafični prikaz števila izhodov ob uvedbi sprememb .....	29
Slika 17: Grafični prikaz spremembe obremenitve delovnih mest .....	30
Slika 18: Rezultati simulacije 3. scenarija ob nižanju povprečnih časov .....	30
Slika 19: Grafični prikaz spremembe števila izhodov iz procesa ob nižjih povprečnih časih izdelave.....	31
Slika 20: Rezultati simulacije 3. scenarija ob višanju povprečnih časov.....	31
Slika 21: Grafični prikaz spremembe števila izhodov iz procesa ob višjih povprečnih časih izdelave.....	32